

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наша русская литература по истории физики крайне бедна, да и в западноевропейской литературе за последние годы не появилось почти ничего сколько-нибудь значительного. Такое положение не случайно. Почти все наиболее значительные представители классической физики XIX века (Ампер, Фарадей, Максвелл, Гельмгольц, Больцман, Кельвин) в той или иной степени проявляли живой интерес к истории своей науки и обращались к ней не только в особых статьях и исследованиях, но и органически вплетали в свои основные произведения исторический анализ проблем. Эта традиция, к сожалению, давно уже отошла в историю. В настоящее время не только исчезает историческое рассмотрение и анализ проблем из работ руководящих физиков, но создаются даже течения и школы, принципиально отрицающие полезность и необходимость исторического изучения науки.

«Для вас история науки ключ к познанию ее настоящего состояния — для нас это Sonntagslectüre (воскресное чтение для развлечения), она нам не может дать ничего для познания ее сегодняшнего состояния». Так резюмировал наш спор один из представителей современного неомеханизма, профессор Рейхенбах, с которым автору этих строк довелось беседовать на 5-м съезде немецких физиков в Кенигсберге в 1930 г.

Быстрая смена теорий, происходящая в физике в последние годы, их кардинальное отличие от взглядов и принципов классической физики, приводят многих представителей современной науки ко взгляду на классическую физику, как на нечто совер-

ленно отжившее, как на величественное сооружение, но, к сожалению, музейного характера. Такой взгляд в корне неправилен. Как бы новы и непривычны ни были теории современной физики, как бы радикально они ни расходились со взглядами классической физики, все же и современный этап развития физики есть исторический этап в ее общем развитии. Поэтому знание истории возникновения и развития физических теорий не только облегчает понимание их современного состояния, но и помогает установить их исторические корни и тем самым проясняет дорогу новым исследованиям.

Современное развитие физики выдвигает целый ряд основных категорий — причинность, статистическая и динамическая закономерность, проблема измерения, — нуждающихся в глубоком анализе. Роль исторического исследования для понимания этих категорий несомненна. Знакомясь с историей развития физики, мы видим, что многие вопросы уже ранее были принципиально поставлены и в некоторых случаях был намечен правильный путь к их разрешению. История ведь не «список человеческих заблуждений, но пантеон великих идей». Как мало еще мы черпаем из этой сокровищницы! То, что мы знаем о мыслях великих творцов современного естествознания, то, что излагается сплошь да рядом в наших учебниках и книгах по истории науки, часто даже в отдаленной степени не напоминает богатства мыслей подлинника. За очень редкими исключениями мы почти не находим также и изображения той напряженной борьбы, которая велась между различными направлениями в физике и в процессе которой выковывались основные принципы и законы.

Настоящий сборник документов и материалов ставит себе задачу познакомить читателя с историей физики по первоисточникам. От подобных сборников, существующих в западноевропейской литературе и представляющих собрание небольших отрывков из классиков, расположенных в хронологическом порядке, настоящее собрание документов отличается прежде всего подбором и оформлением материала. Физический материал дан на фоне социально-экономических отношений соответствующей эпохи. Отсюда — больший по сравнению с обычными историями физики экономический и технический материал.

Особенное внимание обращено было на изображение борьбы различных направлений, — под этим углом зрения производился отбор материала. Борьба направлений не может быть понята до конца, если мы не проанализируем сущности идеологической борьбы, которая велась и ведется вокруг физических категорий. Поэтому много места уделено идеологической борьбе вокруг категорий механики, которая отображает борьбу материалистических и идеалистических идей в физике XVII века.

Данный сборник не ставит себе задачи систематического изображения истории физики, а берет ряд тем, часто отдаленных друг от друга значительными периодами. Это дает возможность полнее и всестороннее осветить отдельные моменты исторического развития науки, их социально-экономические предпосылки и перипетии идеологической борьбы.

Из всех отделов физики первым по времени развивается механика. Она раньше других отделов достигает наибольшей законченности, и ее влияние чрезвычайно сильно сказывается на развитии других отделов физики. В процессе зарождения и развития механики складываются и развиваются важнейшие категории физики.

Поэтому первую часть собрания документов и материалов мы отводим зарождению и первым этапам развития классической механики. Вторая часть будет посвящена закону сохранения и превращения энергии, развитию теории электромагнитного поля и проблеме строения материи.

Каждой из трех тем, составляющих первую часть сборника, предпослано краткое содержание темы, дающее общий обзор материала, составляющего эту тему и выясняющее основные идеи, которые этот материал должен иллюстрировать. Внутри каждой темы материал систематизирован по разделам, каждому из которых предпослано краткое введение.

Каждой большой оригинальной работе предпосланы аннотация и библиографическая справка. Введения и аннотации должны облегчить читателю пользование материалом. Собрание материалов задумано и выполнено по точно определенному плану, основные принципы которого изложены во введении к темам; поэтому почти все отрывки и документы имеют внутреннюю связь и могут быть прочитаны подряд. Для читателя, интере-

существующих отдельными статьями, в тексте даны ссылки на вспомогательный материал, могущий облегчить чтение. Эти ссылки позволяют уменьшить количество разъяснительных примечаний, вместо которых читатель может использовать оригинальные статьи и документы.

Для настоящего сборника использован ряд переводов, имеющих на русском языке и заново сверенных с подлинниками. К сожалению переводная русская литература по классикам естествознания особенно в области физики весьма бедна и поэтому большая часть материала появляется в русском переводе впервые.

В подборе материала, составлении указателей и подготовке книги к печати большую помощь мне оказала сотрудница Института физики МГУ, Н. А. Исакович, которой приношу свою благодарность.

Б. ГЕССЕН



I

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

СОДЕРЖАНИЕ ПЕРВОЙ ТЕМЫ

Ф. Энгельс — старое введение к «диалектике природы».

К. Маркс и Ф. Энгельс — отрывки из «Немецкой идеологии».

Торговля, пути и средства сообщения в XVI—XVII в. в.

Военное дело и военная промышленность в XVI—XVII в. в.

Развитие черной и металлургической промышленности в XVI—XVIII.

Инженеры и инженерное дело в XVI—XVIII вв.

(хронологическая справка по Фельдхаусу).

СОДЕРЖАНИЕ I ТЕМЫ

Блестящий расцвет естествознания XVI—XVII вв. обусловлен разложением феодального хозяйства, развитием торгового капитала, международными морскими сношениями и тяжелой индустрии (горной и металлургической). Отделом физики, развившимся ранее других и достигшим наибольшего развития, является механика. Хотя тепловые, электрические и оптические явления были в виде ряда отдельных сведений известны с глубокой древности, наиболее важным и развитым отделом физики уже в древности являлась механика. Статика в работах Архимеда достигает большой степени законченности, но античная динамика является скорее рядом догадок, часто мало основательных. Настоящее развитие динамики относится к новому времени.

Документы и материалы, собранные в первой теме, имеют своей целью показать, как разложение феодализма и развитие нового способа производства, вызывая к жизни ряд новых технических задач, ставят перед физикой ряд проблем преимущественно динамического характера. Именно этим вызывается быстрое развитие динамики, которая в трудах Галилея, Гюйгенса и Ньютона получает свое предварительное завершение.

Развитие путей и средств сообщения, дальние морские путешествия, рост добывающей промышленности и военной индустрии, получившей громадный толчок с изобретением огнестрельного оружия, ставят перед физикой ряд проблем — и в основном проблем механических. Этим объясняется тот факт, что XVII в. является по преимуществу веком создания и развития классической механики. Это не значит, конечно, что не разви-

ваются и другие отделы физики. Оптика в этот период развивается довольно быстро и обогащается рядом крупнейших открытий. Однако ее положение нельзя сравнить с положением, занимаемым механикой, имеющей ведущее значение и оказывающей мощное влияние не только на другие отделы физики, но и на другие естественнонаучные дисциплины.

Документы, приводимые ниже, иллюстрируют комплекс физических проблем, которые лежат в основе технических задач, выдвигаемых развитием производительных сил этой эпохи, и показывают, почему великая плеяда естествоиспытателей, начиная с Галилея и кончая Ньютоном, выбирает основной темой своих исследований проблемы земной и небесной механики.



Ф. ЭНГЕЛЬС

СТАРОЕ ВВЕДЕНИЕ К «ДИАЛЕКТИКЕ ПРИРОДЫ»

1880 г.¹

Современное естествознание, которое одно лишь достигло всестороннего, систематического, научного развития, в противоположность гениальным натурфилософским догадкам древних и весьма важным, но спорадическим и оставшимся по большей части безрезультатными открытиями арабов, — современное естествознание, как и вся новейшая история, датирует от той знаменательной эпохи, которую мы, немцы, называем по приключившемуся с нами тогда национальному несчастью² реформацией, французы — ренессансом, а итальянцы — квинквеченто, и содержание которой не исчерпывается ни одним из этих наименований. Это — эпоха, начинающаяся со второй половины XV столетия. Королевская власть, опираясь на горожан, сломала мощь феодального дворянства и основала крупные, по существу национальные монархии, в которых получили свое развитие современные европейские нации и современное буржуазное общество; и в то время как буржуазия и дворянство еще ожесточенно боролись между собой, немецкая крестьянская война пророчески указала на грядущие классовые битвы, ибо в ней на арену выступили не только восставшие крестьяне, — в этом не было ничего нового, — но за ними показались начатки современного пролетариата с красным знаменем в руках и с тре-

¹ Карл Маркс и Ф. Энгельс, *Сочинения*, т. XIV, стр. 475—492, ИМЭЛ, Соцгиз, 1931.

² Национальное несчастье — подчеркнуто неизвестным лицом. *Прим. ред.* Соч. М. и Э.

бованием общности имущества на устах. В спасенных при гибели Византии рукописях, в вырытых из развалин Рима античных статуях перед изумленным Западом предстал новый мир — греческая древность; перед < классическими... [...] пластическими >¹ светлыми образами ее исчезли призраки средневековья; в Италии достигло неслыханного расцвета искусство, которое явилось точно отблеск классической древности и которое в дальнейшем никогда уже не поднималось до такой высоты. В Италии, Франции, Германии возникла новая, первая современная литература; Англия и Испания пережили вскоре затем свою классическую литературную эпоху. Рамки старого Orbis terrarum были разбиты; только теперь собственно была открыта земля и положены основы для позднейшей мировой торговли и для перехода ремесла в мануфактуру, явившуюся, в свою очередь, исходным пунктом современной крупной промышленности. Духовная диктатура церкви была сломлена; германские народы в своем большинстве приняли протестантизм, между тем как у романских народов стало все более и более укореняться перешедшее от арабов и питавшееся ново-открытой греческой философией жизнерадостное свободомыслие, подготовившее материализм XVIII столетия.

Это был величайший прогрессивный переворот, пережитый до того человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страстности и характеру, по многосторонности и учености. Люди, основавшие современное господство буржуазии, были чем угодно, но только не буржуазно-ограниченными. Наоборот, они были более или менее обвешаны авантюрным характером своего времени. Тогда не было почти ни одного крупного человека, который не совершил бы далеких путешествий, не говорил бы на четырех или пяти языках, не блистал бы в нескольких областях творчества < прекрасно, и именно не только в теоретической, но также и в практической жизни... >; Леонардо да Винчи был не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики; Альбрехт Дюрер был художником, правером, скульптором, архитектором и, кроме того, изобрел систему фортификации, содержащую в себе многие идеи, развитые значительно позже Монталамбером и новейшим немецким учением о крепостях. Макиавелли был государственным деятелем

¹ В отрывках из сочинений Маркса и Энгельса в прямые скобки заключены вставки редакции сочинений Маркса и Энгельса, в остроугольные — изъеденные мышами и по возможности восстановленные части рукописи. Приж. ред.

лем, историком, поэтом и, кроме того, первым достойным упоми-
нания военным писателем нового времени. Лютер вычистил
не только авгиевы конюшни церкви, но и конюшни немецкого
языка, создал современную немецкую прозу и сочинил текст и
мелодию того пропитанного чувством победы хора, который
стал марсельезой XVI века. Люди того времени не стали еще
рабами разделения труда, ограничивающее, калечащее действие
которого мы так часто наблюдаем на их преемниках. Но что
особенно характерно для них, так это то, что они почти все жи-
вут всеми интересами своего времени, принимают участие в прак-
тической борьбе, становятся на сторону той или иной партии
и борются, кто словом и пером, кто мечом, а кто и тем и другим.
Отсюда та полнота и сила характера, которая делает из них цель-
ных людей. Кабинетные ученые являлись тогда исключениями;
это либо люди второго и третьего ранга, либо благоразумные
филистеры, не желающие обжечь себе пальцев < как Эразм >.

И естествознание развивалось тогда в обстановке всеобщей
революции, будучи само насквозь революционно: ведь оно дол-
жно было еще завоевать себе право < свободного ис [следова-
ния] > на существование. Вместе с великими итальянцами, от
которых датирует новейшая философия, оно дало своих мучеников
для костров и темниц инквизиции. И характерно, что протестанты
предупредили католиков в преследовании свободного естествозна-
ния. Кальвин сжег Сервета, который был близок к открытию
кровообращения, и при этом заставил жарить его живым 2 часа;
инквизиция удовлетворялась, по крайней мере, тем, что просто
сожгла Джордано Бруно.

Революционным актом, которым естествознание заявило о
своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение
папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором
Коперник бросил — хотя и скромно и, так сказать, лишь на
ложе смерти — перчатку церковному авторитету в естественных
делах. Отсюда датирует освобождение естествознания от теоло-
гии, хотя выяснение отдельных взаимных претензий затянулось
до нашего времени, не завершившись еще и теперь во многих
головах. Но с тех же пор развитие наук пошло гигантскими
шагами, усиливаясь, если можно так выразиться, пропорцио-
нально квадрату расстояния (во времени) от своего исходного
пункта. Точно нужно было доказать миру, что отныне и для
высшего продукта органической материи, для человеческого духа,
будет иметь силу закон обратный тому, который действует для
неорганических веществ.

Главная задача, которая предстояла естествознанию в начав-
шемся теперь первом периоде его развития, заключалась в том,
чтобы справиться с имевшимся налицо материалом. Во всег

областях приходилось начинать с самого начала. Древность имела Эвклида и солнечную систему Птолемея, арабы — десятичное исчисление, начала алгебры, современную систему счисления и алхимию; христианское средневековье не оставило ничего. При таком положении вещей естественно, что первое место заняла элементарнейшая отрасль естествознания — механика земных и небесных тел, а наряду с ней, на службе у нее, открытие и усовершенствование математических методов. Здесь были совершены великие дела. В конце рассматриваемого периода, отмеченного именами < Лейбница и > Ньютона и Линнея, эти отрасли знания получили известное завершение. Важнейшие математические методы были установлены в основных чертах: аналитическая геометрия — главным образом Декартом, логарифмы — Непером, дифференциальное и интегральное исчисление — Лейбницем и, может быть, Ньютоном. То же самое можно сказать о механике твердых тел, главные законы которой были выяснены раз навсегда. Наконец, в астрономии солнечной системы Кеплер открыл законы движения планет, а Ньютон объяснил их общими законами движения материи. Остальные отрасли естествознания были еще далеки от такого предварительного завершения. Механику жидких и газообразных тел удалось несколько обработать лишь к концу указанного периода¹. Физика в собственном смысле слова была еще в самой первоначальной стадии, за исключением оптики, успехи которой были вызваны практическими потребностями астрономии. Химия эмансипировалась от алхимии только благодаря теории флогистона. Геология еще не вышла из эмбриональной стадии минералогии, и поэтому не могла еще существовать палеонтология². Наконец, в области биологии занимались главным образом накоплением и первым отбором колоссального материала как ботанического и зоологического, так анатомического и собственно физиологического. О сравнении между собой форм жизни, об изучении их географического распространения, их климатических и т. д. условий еще не могло быть и речи. Здесь только ботаника и зоология достигли некоторого завершения благодаря Линнею.

Но что особенно характеризует рассматриваемый период, так это — образование известного цельного мировоззрения, центром которого является учение об абсолютной неизменности природы. < Согласно представлению Ньютона, планеты неизменно движутся вокруг своей... > Согласно этому взгляду, природа, каким

¹ На полях карандашом отмечено: «Торичелли по поводу регулирования альпийских горных потоков». Прим. ред. Соч. М. и Э.

² На полях карандашом отмечено: «О сравнении анатомического [...] климатического распределения, о географии фауны и флоры еще нет речи». Прим. ред. Соч. М. и Э.

бы путем она ни возникла, раз она уже имеется налицо, остается всегда неизменной, пока она существует. Планеты и спутники их, однажды приведенные в движение таинственным «первым толчком», продолжают кружиться по предначертанным им эллипсам вовеки веков, или, во всяком случае, до скончания всех вещей. Звезды покоятся навсегда неподвижно на своих местах, удерживая друг друга благодаря «всеобщему тяготению». Земля остается от века или от дня своего творения (в зависимости от точки зрения) одинаковой, неизменной. Теперешние «пять частей света» существовали всегда, имели всегда те же самые горы и долины, тот же климат, ту же флору и фауну, если не говорить об изменениях, внесенных рукой человека. Виды растений и животных были установлены раз навсегда при их возникновении, равное порождало всегда равное, и Линней делал уже большую уступку, когда говорил, что благодаря скрещиванию местами могли возникнуть новые виды. В противоположность истории человечества, развивающейся во времени, истории природы приписывалось только возникновение в пространстве. За природой отрицали всякое изменение, всякое развитие. Революционное вначале естествознание оказалось вдруг перед наскоком консервативной природы, в которой все было и остается теперь таким же, каким оно было извечно, и в которой все должно было оставаться до скончания мира или вовеки веков таким, каким оно было с самого начала.

Хотя естествознание первой половины XVIII века поднималось высоко над греческой древностью с точки зрения объема своих познаний и даже с точки зрения отбора материала, но оно далеко уступало ей в смысле идеального одоления этого материала, в смысле всеобщего мировоззрения. Для греческих философов мир был по существу чем-то возникшим из хаоса, чем-то развившимся, чем-то ставшим. Для естествоиспытателя рассматриваемого нами периода он был чем-то окостенелым, неизменным, а для большинства чем-то созданным сразу. Наука все еще глубоко сидела в теологии. Она повсюду искала и находила в качестве последней причины толчок извне, необъяснимый из самой природы. Если притяжение — торжественно названное Ньютоном всеобщим тяготением — и рассматривается как существенное свойство материи, то где источник непонятной тангенциальной силы, дающей начало планетным орбитам? Как возникли бесчисленные виды животных и растений? Как, в особенности, возник человек, относительно которого было твердо принято, что он существует не от века? На все подобные вопросы естествознание слишком часто отвечало ссылкой на творца всех вещей. Коперник в начале рассматриваемого нами периода дает отставку теологии; Ньютон завершает этот период постулатом божь-

ственного первого толчка. Высшая всеобщая идея естествознания рассматриваемого периода это — мысль о целесообразности естественных процессов, плоская вольфовская телеология, согласно которой кошки были созданы, чтобы пожирать мышей, мыши, — чтобы быть пожираемыми кошками, а вся природа, — чтобы доказать мудрость творца. Нужно считать опромненным достоинством и честью тогдашней философии, что она не поддавалась влиянию ограниченной точки зрения тогдашнего естествознания, что она — начиная от Спинозы и кончая великими французскими материалистами — настойчиво пыталась объяснить мир из него самого, предоставив детальное оправдание этого естествознанию будущего.

Я отношу к этому периоду еще и материалистов XVIII века, потому что в их распоряжении не было много естественно-научного материала, чем описанный выше. Составившее эпоху произведение Канта было им неизвестно, а Лаплас явился долго спустя после них. Не забудем, что хотя прогресс науки совершенно подкопал это устарелое мировоззрение, но вся первая половина XIX века все еще находится под его влиянием и по существу его преподают еще и теперь во всех школах¹.

Первая брешь в этом окаменелом мировоззрении была пробита не естествоиспытателем, а философом. В 1755 г. появилась «Всеобщая естественная история и теория неба» Канта. Вопрос о первом толчке был здесь устранен; земля и вся солнечная система предстали как нечто ставшее в ходе времени. Если бы подавляющее большинство естествоиспытателей не ощущало перед мышлением того страха, который Ньютон выразил своим предостережением: физика, берегись метафизики! — то они должны были бы извлечь из одного этого гениального открытия Канта такие следствия, которые сберегли бы им бесконечные блуждания по кривопутьям и колоссальное количество потраченного в ложном направлении времени и труда. В открытии Канта лежал зародыш всего дальнейшего прогресса. Если земля была чем-то ставшим, то чем-то ставшим должны были быть также ее теперешнее геологическое, климатическое, географическое состояние, ее растения и животные и она должна была иметь

¹ Как непоколебимо мог верить еще в 1861 г. в это мировоззрение человек, научные работы которого доставили весьма много ценного материала для преодоления его, показывают следующие классические слова: «Alle... in sich.» (Mädler, Pop. Astr., Berlin, 1861, 5-е изд., стр. 316.) *Прим. автора.*

[На полях карандашом отмечено: «Законченность старого мировоззрения дала почву для рассмотрения всего естествознания как одного целого. На этой точке зрения стояли, еще чисто механически, один за другим французские энциклопедисты, затем в одно и то же время Сен-Симон и немецкая натурфилософия, — завершена она Гегелем.»] *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

историю не только в пространстве, но и во времени. Если бы стали немедленно и решительно работать в этом направлении, то естествознание ушло бы в настоящее время значительно дальше того места, где оно находится. Но что путного могло выйти из философии? Сочинение Канта не имело непосредственного влияния, пока, долгие годы спустя, Лаплас и Гершель не развили и не обосновали его содержания, подготовив таким образом торжество «небулярной гипотезе». Дальнейшие открытия закрепили, наконец, ее победу; важнейшими из них были установление собственного движения неподвижных звезд, доказательство существования оказывающей сопротивление среды в мировом пространстве, установленное спектральным анализом химическое тождество мировой материи и существование таких раскаленных туманных масс, какие предполагал Кант.

Но позволительно усомниться, пришло ли бы естествоиспытателям в голову заметить противоречие между учениями об изменяющейся земле и о существующих на ней неизменных организмах, если бы зарождавшемуся пониманию того, что природа не есть, а становится и погибает, не явилась помощь с другой стороны. Возникла геология, которая выявила не только наличие образовавшихся друг после друга и расположенных друг над другом геологических слоев, но и сохранившиеся в этих слоях раковины и скелеты вымерших животных, стволы, листья и плоды несуществующих более растений. Пришлось признать, что историю во времени имеет не только земля, взятая в целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные. Признание это произошло первоначально не без труда. Теория Кювье о претерпеваемых землею революциях была революционна на словах и реакционна на деле. На место акта божественного творения она поставила целый ряд подобных творческих актов и сделала из чуда существенный < составную часть > рычаг природы. Лишь Ляйелль внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные, вызванные капризом творца революции постепенными действиями медленного преобразования земли¹.

Теорию Ляйелля было еще труднее примирить с гипотезой постоянства органических видов, чем все предшествовавшие ей теории. Мысль о постепенном преобразовании земной поверх-

¹ Недостаток ляйеллевской концепции — по крайней мере, в ее первоначальной форме — заключался в том, что она считала действующие на земле силы постоянными — постоянными как по качеству, так и по количеству. Для нее не существует охлаждения земли; земля < получает вновь свой докантовский вечный [...] характер, хотя эта вечность и включает на этот раз более или менее циклическое движение > не развивается в определенном направлении; она просто изменяется случайным, бессвязным образом. Прим. автора.

ности и всех условий жизни на нас; приводила непосредственно к учению о постепенном преобразовании организмов и их приспособлении к изменяющейся среде, приводила к учению об изменчивости видов. Однако традиция является силой не только в католической церкви, но и в естествознании. Сам Ляйелль в течение долгих лет не замечал этого противоречия, а его ученики и того менее. Это можно объяснить только утвердившимся в то время в естествознании разделением труда, благодаря которому каждый ограничивается своей специальной областью знания и немногие лишь способны обозреть его в целом.

Между тем в физике произошел огромный сдвиг вперед; результаты которого были почти одновременно резюмированы тремя различными людьми в столь знаменательном для этой отрасли естествознания 1842 году. Майер в Гейльбронне¹ и Джоуль в Манчестере доказали превращение теплоты в механическую силу — и механической силы в теплоту. Установление механического эквивалента теплоты покончило со всеми сомнениями по этому поводу. В то же время Грове — отнюдь не профессиональный естествоиспытатель, а английский адвокат — доказал при помощи простой обработки накопившегося физического материала, что все так называемые физические силы — механическая сила, теплота, свет, электричество, магнетизм и даже так называемая химическая сила — переходят при известных условиях друг в друга, без какой бы то ни было потери силы, и таким образом доказал, задним числом, при помощи физических методов, теорему Декарта, что количество имеющегося в мире движения неизменно. Благодаря этому различные физические силы — эти, так сказать, неизменные «виды» физики — превратились в различно дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи. < И если электричество превращается в теплоту, свет, магнетизм, химическую силу, механическое движение, то разве это большее чудо, чем происхождение человека от обезьяны? ² > В науке удалось избавиться от случайности наличия такого-то и такого-то количества физических сил, ибо были доказаны их взаимная связь и переходы друг в друга. Подобно астрономии, и физика пришла к тому неизбежному результату, что последним выводом является вечный круговорот движущейся материи³.

¹ Энгельс ошибочно пишет: «в Гейдельберге». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

² На полях отмечено карандашом: «Силы находят свое единство в движении материи, устранена случайность наличия такого-то и такого-то количества сил. Внесено единство в физическое мировоззрение и согласие с общими результатами исследования в [...] вечном круговороте...» *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

³ На полях чужой рукой (вероятно, Аронса) карандашом отмечено: «Helmholtz». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

Удивительно быстрое развитие химии после Лавуазье и особенно после Дальтона разрушало, с другой стороны, старое представление о природе. Благодаря получению неорганическим путем производившихся до того лишь в живых организмах соединений было доказано, что законы химии имеют ту же силу для органических тел, как и для неорганических, и была заполнена значительная часть оставшейся еще после Канта непроходимой пропасти между неорганической и органической природой.

Наконец, и в области < физиологического > биологического исследования начатые в середине прошлого века систематически организуемые научные путешествия, экспедиции, более точное < ботаническое и геологическое > изучение европейских колоний во всех частях света живущими там специалистами, далее успехи палеонтологии, анатомии, физиологии вообще, в особенности со времени систематического применения микроскопа и открытия клетки, — все это накопило столько материала, что стало возможным — и в то же время необходимым — применение сравнительного метода. С одной стороны, благодаря сравнительной физической географии были установлены условия жизни различных флор и фаун, а с другой — были сравнены между собою различные организмы в отношении их гомологичных органов, и притом не только в зрелом возрасте, но и на всех ступенях их развития¹. Чем глубже проникало это исследование, чем точнее оно делалось, тем больше расплывалась под руками та застывшая система < неизменных видов, полов, классов царств > неизменной органической природы. Не только безнадежно исчезали границы между отдельными видами растений и животных, но появились животные, как амфиокс и лепидосирена, которые точно издевались над всеми существовавшими до того классификациями², и, наконец, были найдены организмы, относительно которых нельзя было даже сказать, относятся ли они к животному миру или к растительному³. Пробелы палеонтологической летописи все более и более заполнялись, заставляя даже самых упорных ученых признать поразительный параллелизм, существующий между историей развития органического мира в целом и историей развития отдельных организмов, давая, таким образом, аriadнину нить из того лабиринта, в котором, казалось, окончательно запутались ботаника и зоология. Характерно, что почти одновременно с нападением Канта на учение о вечности солнечной системы, К. Вольф произвел в 1759 г. первое нападение на теорию постоянства видов, провозгласив

¹ На полях: «Эмбриология» (Erhaltung der Kraft, 1847). Прим. ред. Соч. М. и Э.

² На полях: «Ceratodus». Прим. ред. Соч. М. и Э.

³ На полях: «dito Archeopterix etc.». Прим. ред. Соч. М. и Э.

учение об их развитии. Но то, что было у него только гениальным предвосхищением, то приняло более конкретные формы у Окена, Ламарка, Бера и было победоносно проведено 100 лет спустя, в 1859 г., Дарвином. Почти одновременно было констатировано, что протоплазма и клетка, признанные уже раньше последними форменными элементами всех организмов, живут самостоятельно в качестве низших органических форм. Благодаря этому была доведена до минимума пропасть между органической и неорганической природой и вместе с тем устранено одно из серьезнейших препятствий на пути к учению о происхождении организмов путем развития. Таким образом современное мировоззрение было готово в его основных чертах: все твердое было разложено, все неизменное улетучилось, все признававшееся вечным стало считаться преходящим, вся природа предстала находящейся в вечном потоке и круговороте.

< И вот мы снова вернулись к концепциям великих основателей греческой философии о том, что вся природа, начиная от мельчайших частиц ее до величайших тел, начиная от песчинки и кончая солнцем, начиная от протиста и кончая человеком, находится в вечном возникновении и уничтожении, в непрерывном течении, в неустанном движении и изменении. С той только существенной разницей, что то, что было у греков гениальной догадкой, является у нас результатом строго научного, опытного исследования и поэтому имеет гораздо более определенную и ясную форму. Правда, эмпирическое доказательство этого круговорота не свободно от пробелов, но последние незначительны по сравнению с тем, что уже твердо установлено; притом они с каждым днем все более и более заполняются. И разве может быть без пробелов такое подробное доказательство, если вспомнить, что главнейшие отрасли науки — звездная астрономия, химия, геология — насчитывают едва одно столетие, сравнительные методы в физиологии — едва пятьдесят лет и что основная форма почти всякого < физиологического > развития жизни — клетка — открыта каких-нибудь сорок лет назад! >¹.

Из раскаленных вращающихся масс газа, законы движения которых станут, может быть, известны нам лишь после нескольких столетий наблюдений над собственным движением звезд, развились благодаря охлаждению и сжатию бесчисленные солнца и солнечные системы нашего — ограниченного последними звездными кольцами Млечного пути — мирового острова. Развитие это шло, очевидно, не повсюду с одинаковой скоростью. Астрономия оказывается все более и более вынужденной при-

¹ Этот абзац перечеркнут и отделен от предыдущего и последующего чертой. Прим. ред. Соч. М. и Э.

знать существование темных, не просто планетных тел в нашей звездной системе, т. е. признать существование потухших звезд (Медлер); с другой стороны (согласно Секки), часть туманных пятен относится, в качестве еще не готовых солнц, к нашей звездной системе, что не исключает того, что другие туманности, как утверждает Медлер, являются далекими самостоятельными мировыми островами, степень развития которых должен установить спектроскоп.

Лаплас показал подробным и еще не превзойденным до сих пор образом, как развивается из отдельной туманной массы солнечная система; позднейшая наука только подтвердила ход его мыслей.

На образовавшихся таким образом отдельных телах — солнца, планетах, спутниках — господствует первоначально та форма движения материи, которую мы называем теплотой. Не может быть и речи о химических соединениях элементов даже при той температуре, которой обладает еще в наше время солнце; дальнейшие наблюдения над солнцем покажут, насколько при этом теплота способна превращаться в электричество или магнетизм; уже и теперь можно считать почти установленным, что происходящие на солнце механические движения имеют своим исключительным источником борьбу теплоты с тяжестью.

Отдельные тела охлаждаются тем быстрее, чем они меньше. Сперва охлаждаются спутники, астероиды, метеоры; наша луна давно уже погасла. Медленнее охлаждаются планеты, медленнее всего центральное светило.

Вместе с прогрессирующим охлаждением на первый план начинает все более и более выступать взаимодействие превращающихся друг в друга физических форм движения, пока, наконец, не будет достигнут пункт, с которого начинает давать себя знать химическое сродство, когда химически индифферентные до того элементы химически дифференцируются друг за другом, приобретают химические свойства и вступают друг с другом в соединения. Эти соединения непрерывно изменяются вместе с понижением температуры, которая влияет различным образом не только на каждый отдельный элемент, но и на каждое отдельное соединение элементов, изменяются также вместе с зависящим от этого переходом части газообразной материи сперва в жидкое, а потом в твердое состояние, и вместе с созданными благодаря этому новыми условиями.

Эпоха, когда планета приобретает твердую кору и скопления воды¹ на своей поверхности, совпадает с той эпохой, когда ее

¹ Скопления воды — подчеркнуто посторонней рукой. Прим. ред.
Соч. М. и Э.

собственная теплота начинает играть все меньшее и меньшее значение по сравнению с теплотой, получаемой ею от центрального светила. Ее атмосфера становится ареной метеорологических явлений в современном смысле этого слова, ее поверхность — ареной геологических перемен, при которых созданные атмосферными осадками отложения приобретают все больший перевес над медленно ослабевающими действиями во-вне раскаленного жидкого внутреннего ядра.

Наконец, если температура понизилась до того, что — по крайней мере на каком-нибудь значительном участке поверхности — она уже не переходит границы, при которой способен существовать белок, то, при наличии благоприятных химических условий, образуется живая протоплазма. В настоящее время мы еще не знаем, в чем заключаются эти благоприятные предварительные условия — что неудивительно, так как до сих пор еще не установлена химическая формула белка, и мы даже еще не знаем, сколько существует химически различных белковых тел, и так как только приблизительно лет десять, как стало известно, что совершенно бесструктурный белок обнаруживает все существенные функции жизни < ассимиляция >: пищеварение, выделение, движение, сокращение < раздражимость >, реакцию на раздражение, размножение¹.

Может быть, прошли тысячелетия, пока не создались условия, необходимые для следующего шага вперед, и из этого бесформенного белка < о котором Окен пророчески... > не произошла благодаря образованию ядра и оболочки первая клетка. Но вместе с этой первой клеткой была дана и основа для формирования всего органического мира. Сперва образовались, как мы должны это допустить по данным палеонтологической летописи, бесчисленные виды бесклеточных и клеточных протистов, о которых рассказывает нам единственный Eozoon Canadense и из которых некоторые дифференцировались постепенно в первые растения, а другие — в первые животные. А из первых животных развились — главным образом путем дальнейшего дифференцирования — бесчисленные классы, порядки, семейства, роды и виды животных и, наконец, та порода животных, в которой достигает своего полного развития нервная система, именно позвоночные, и опять-таки, наконец, среди последних, то позвоночное, в котором природа дошла до познания самой себя, — человек.

И человек возник путем дифференцирования, и не только в индивидуальном смысле, — т. е. так, что из одной единственной клетки развивается путем дифференцирования сложнейший из

¹ На полях: Zirkelschluss. Прим. ред. Соч. М. и Э.

существующих в природе организмов, — но и в историческом смысле. Когда после тысячелетних попыток произошла, наконец, дифференциация руки от ноги и установилась прямая походка, то человек обособился от обезьяны и была заложена основа для развития членораздельной речи и для мощного развития мозга, благодаря которому образовалась с тех пор непроходимая пропасть между человеком и обезьяной. Развитие специфических функций руки означает появление орудия, и орудие означает специфически человеческую деятельность, преобразующее обратное воздействие человека на природу, производство. И животные имеют орудия в узком смысле слова, но лишь в виде членов своего тела, как это можно утверждать о муравьях, пчелах, бобрах; и животные производят, но их производительное воздействие на окружающую природу равно нулю. Лишь человеку удалось наложить свою печать на природу: он не только переместил растительные и животные миры, но изменил также вид и климат своего местопребывания и изменил даже растения и животных до того, что результаты его деятельности могут исчезнуть лишь вместе с гибелью всего земного шара.

И этого он добился прежде всего и главным образом благодаря руке. Даже паровая машина, являющаяся до сих пор самым могущественным его орудием при преобразовании природы, в последнем счете, будучи орудием, основывается на руке. Но параллельно с развитием руки развивалась и голова, зарождалось сознание — сперва отдельных практических, полезных действий, а впоследствии, на основе этого, у народов, находившихся в более благоприятных условиях, понимание обуславливающих эти полезные действия законов природы. А вместе с быстрорастущим познанием законов природы росли и средства воздействия на природу; при помощи одной руки люди не создали бы паровой машины, если бы наряду с рукой и отчасти благодаря ей не развился соответственным образом и мозг.

Вместе с человеком мы вступаем в область истории. И животные обладают историей, именно историей своего происхождения и постепенного развития до своего теперешнего состояния, но эта история делается помимо них, для них, а поскольку они сами принимают в этом участие, это происходит без < сознания конечной цели > их ведома и желания. Люди же, чем больше они удаляются от животных, в тесном смысле слова, тем более начинают делать сами сознательно свою историю, тем меньше становится влияние на эту историю непредвиденных факторов, неконтролируемых сил, и тем более соответствует результат исторического действия установленной заранее цели. Но если мы подойдем с этим масштабом к человеческой истории, даже к истории самых развитых народов современности, то найдем,

что здесь все еще существует колоссальная дисгармония между поставленными себе целями и достигнутыми результатами, что попрежнему доминируют непредвиденные влияния, что неконтролируемые силы гораздо могущественнее, чем приводимые планомерно в движение силы. И это не может быть иначе до тех пор, пока самая важная историческая деятельность человека, та деятельность, благодаря которой человечество вышло из животного состояния, которая образует материальную основу всех прочих видов деятельности человека, пока производство, направленное на удовлетворение жизненных потребностей человечества < даже в наиболее промышленных странах... >, т. е. в наше время — общественное производство, предоставлено слепой игре непредвиденных воздействий неконтролируемых сил, и пока, следовательно, поставленная себе заранее цель осуществляется лишь в виде исключения, гораздо же чаще осуществляются противоположные ей результаты. В самых передовых, промышленных странах мы смирили силы природы, поставив их на службу человечеству; мы, благодаря этому, безмерно увеличили производство, так что теперь ребенок производит больше, чем раньше сотня взрослых людей. Но каковы же результаты этого роста производства? Растущий прибавочный труд, растущая нищета масс и каждые десять лет опромыный крах. Дарвин не понимал, какую он написал горькую сатиру на людей и в особенности на своих земляков, когда он доказал, что свободная конкуренция, борьба за существование — прославляемая экономистами как величайшее историческое завоевание — является нормальным состоянием животного мира. Лишь сознательная организация общественного производства, в которой происходит планомерное производство и потребление, может поднять людей над прочими животными в общественном отношении так, как их подняло производство вообще в специфическом смысле. Благодаря общественному развитию подобная организация становится с каждым днем все возможнее. От нее будет датировать новая историческая эпоха, в которой люди, а вместе с ними все отрасли их деятельности, в частности естествознание, сделают такие успехи, что все совершенное до того покажется только слабой тенью.

Но все, что возникает, достойно гибели. Пройдут миллионы лет, народятся и сойдут в могилу сотни тысяч поколений, но неумолимо надвигается время, когда истощающаяся солнечная теплота не сумеет уже растапливать надвигающийся с полюсов лед, когда все более и более скучивающееся у экватора человечество перестанет находить и там необходимую для жизни теплоту, когда постепенно исчезнет и последний след органической жизни, и земля — застывший, мертвый шар, подобно лу-

не — будет кружить в глубоком мраке по все более коротким орбитам вокруг тоже умершего солнца, на которое она, наконец, упадет. Другие планеты испытают ту же участь, иные раньше, иные позже земли; вместо гармонически расчлененной, светлой, теплой солнечной системы останется холодный, мертвый шар, продолжающий идти своим одиноким путем в мировом пространстве. И судьба, постигшая нашу солнечную систему, должна раньше или позже постигнуть все прочие системы нашего мирового острова, должна постигнуть системы всех прочих бесчисленных мировых островов, даже тех, свет от которых никогда не достигнет земли, пока еще существует на ней человеческий глаз, способный воспринять его.

Но когда подобная солнечная система завершит свой жизненный круг и подвергнется судьбе всего конечного, когда она станет жертвой смерти, то что будет дальше? Будет ли труп солнца продолжать катиться в виде трупа в бесконечном пространстве, и неужели все бесконечно разнообразные, прежде дифференцированные силы природы превратятся навсегда в единственную форму движения, в притяжение? «Или же, — как спрашивает Секки (стр. 810), — в природе имеются силы, способные вернуть мертвую систему в первоначальное состояние раскаленной туманности, способные пробудить ее для новой жизни? Мы этого не знаем».

Разумеется, мы этого не знаем в том смысле, в каком мы знаем, что $2 \times 2 = 4$, или что притяжение материи действует обратно пропорционально квадрату расстояния. В теоретическом естествознании, которое свои взгляды на природу старается объединить в одно гармоническое целое, без которого в наше время не сделает шага вперед даже самый беззаботный по части теории эмпирик, нам приходится очень часто оперировать с не вполне известными величинами, и логика, последовательность мысли должны были всегда заполнять такие неизбежные пробелы познания. Современное естествознание вынуждено было заимствовать у философии положение о неразрушимости движения <материи>, без которого оно неспособно более существовать. Но движение материи не сводится к одному только грубому, механическому движению, к простому перемещению; движение материи это — также теплота и свет, электрическое, и магнитное напряжение, химическое соединение и разложение, жизнь и, наконец, сознание. Говорить, будто материя за все время своего бесконечного существования имела только один раз — и то на ничтожно короткий, по сравнению с вечностью, срок — возможность дифференцировать свое движение и, таким образом, развернуть все богатство этого движения и что до этого и после этого она навеки обречена довольствоваться про-

стым перемещением, — говорить это — все равно, что утверждать, будто материя < сила > смертна и движение преходяще. Неразрушимость движения надо понимать не только в количественном, но и в качественном смысле. Материя, — чисто механическое перемещение которой хотя и содержит в себе возможность превращения при благоприятных обстоятельствах в теплоту, электричество, химическое действие, жизнь, но которая не в состоянии породить из самой себя эти условия, — такая материя утратила < силу и > движение, — движение, которое потеряло способность превращаться в свойственные ему различные формы, хотя и обладает еще *dynameis*, но не обладает уже энергией, и, таким образом, отчасти уничтожено. Но и то и другое немислимо.

Одно, во всяком случае, несомненно: было время, когда материя нашего мирового острова превратила в теплоту такое количество движения — мы до сих пор еще не знаем, какого именно рода, — что из него могли развиваться, по меньшей мере (по Медлеру), 20 миллионов солнечных систем, которые — как мы в этом столь же твердо убеждены — рано или поздно погибнут. Как происходило это превращение? Мы это знаем так же мало, как мало знает отец Сетки, превратится ли будущее *caput mortuum* нашей солнечной системы снова в сырой материал для новых солнечных систем. Но здесь мы вынуждены < допустить чудо > либо обратиться к помощи творца, либо сделать тот вывод < что случившееся однажды может снова произойти >, что раскаленный сырой материал для солнечной системы нашего мирового острова возник естественным путем, путем превращения движений, которые *присущи от природы* движущейся материи и условия которых должны, следовательно, быть снова произведены материей, хотя бы после миллиардов лет, более или менее случайным образом, но с необходимостью, присущей и случаю.

Теперь начинают все более и более признавать возможность подобного превращения. Ученые приходят к убеждению, что конечная участь звезд это — упасть друг на друга, и они вычисляют даже количество теплоты, которое должно развиваться при подобном столкновении. Внезапное появление новых звезд, столь же внезапное увеличение яркости давно известных звезд, о котором сообщает нам астрономия, легче всего объясняются гипотезой о подобных столкновениях. При этом надо иметь в виду, что не только наша планетная группа вращается вокруг солнца, а солнце движется внутри нашего мирового острова, но что и весь наш мировой остров движется в мировом пространстве, находясь во временном относительном равновесии с прочими мировыми островами, ибо даже относительное равновесие

свободно движущихся тел может существовать лишь при, одновременно обусловленном движении, и некоторые исследователи допускают, что температура в мировом пространстве не повсюду одинакова. Наконец, мы знаем, что за исключением ничтожно малой части, теплота бесчисленных солнц нашего мирового острова исчезает в пространстве, тщетно пытаясь поднять температуру его хотя бы на одну миллионную долю градуса Цельсия. Что происходит со всем этим огромным количеством теплоты? Погибает ли она навсегда в попытке согреть мировое пространство, перестает ли она практически существовать, сохраняясь лишь теоретически в том факте, что мировое пространство нагрелось на долю градуса, выражаемую десятью или более нулями? Это предположение означает отрицание учения о неразрушимости движения; оно оставляет открытой дверь для гипотезы, что путем последовательного падения друг на друга звезд все существующее механическое движение превратится в теплоту, которая будет излучена в мировое пространство, благодаря чему, не смотря на всю «неразрушимость силы», прекратится вообще всякое движение. (Между прочим, здесь обнаруживается, как неудачно выражение: неразрушимость силы, вместо выражения: неразрушимость <материя > движения.) Мы приходим, таким образом, к выводу, что излучаемая в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем — путем, установить который предстоит в будущем естествознанию, — превратиться в другую форму движения, в которой она может снова накопиться и начать функционировать. А в таком случае отпадает и главная трудность, мешавшая обратному превращению умерших солнц в раскаленную туманность.

Впрочем, вечно повторяющееся последовательное появление миров в бесконечном времени является только логическим корроларием к одновременному сосуществованию бесчисленных миров в бесконечном пространстве: принудительную необходимость этого положения должен был признать даже антитеоретический мозг янки Дрэпера¹.

Материя движется в вечном круговороте, завершающем свою траекторию в такие промежутки времени, для которых наш земной год не может служить достаточной единицей; в круговороте, в котором время наивысшего развития, время органической жизни, и, еще более, жизни сознательных существ столь же скудно отмерено, как пространство в жизни и в самосознании; в круговороте, в котором каждая отдельная форма существо-

¹ «Множественность миров в бесконечном пространстве приводит к представлению последовательной смены миров в бесконечном времени» (Draper, Hist. Int. Dével. II). Прим. автора.

вания материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения. Но, как бы часто и как бы безжалостно ни совершался во времени и в пространстве этот круговорот; сколько бы бесчисленных солнц и земель ни возникало и ни погибало; как бы долго ни приходилось ждать, пока в какой-нибудь солнечной системе, на какой-нибудь планете не появятся условия, необходимые для органической жизни; сколько бы бесчисленных существ ни должно было погибнуть и возникнуть, прежде чем из их среды разовьются животные с мыслящим мозгом, находя на короткий срок пригодные для своей жизни условия, чтобы затем быть тоже истребленными без милосердия, — мы все же уверены, что материя во всех своих превращениях остается вечно одной и той же, что ни один из ее атрибутов не может погибнуть и что поэтому с той же самой железной необходимостью, с какой она некогда истребит на земле свой высший цвет — мыслящий дух, — она должна будет его снова породить где-нибудь в другом месте и в другое время.

К. МАРКС И Ф. ЭНГЕЛЬС

НЕМЕЦКАЯ ИДЕОЛОГИЯ¹

[1.] Общение и производительная сила

Наибольшее разделение материального и интеллектуального труда это — отрыв города от деревни. Противоположность между городом и деревней начинается вместе с переходом от варварства к цивилизации, от племенного строя к государству, от местной ограниченности к нации и тянется через всю историю цивилизации до нашего времени (Лига против хлебных законов). Вместе с городом появляется и необходимость администрации, полиции, налогов и т. д., — словом, коммунальной жизни, а значит, и политики вообще. Здесь впервые сказалось разделение населения на два больших класса, непосредственно основанное на разделении труда и на орудиях производства. Город уже представляет собой факт концентрации населения, орудий производства, капитала, потребностей и способов их удовлетворения, между тем как в деревне мы наблюдаем диаметрально противоположный факт изолированности и разобщенности. Противоположность между городом и деревней может существовать только в рамках частной собственности. Она наиболее грубо выражает подчинение индивида разделению труда и определенной, навязанной ему деятельности, — подчинение, которое одного превращает в ограниченное городское животное, а другого — в ограниченное деревенское животное и ежедневно заново порождает противоположность между их интересами. Главное здесь опять-таки труд; он есть сила, стоящая над индивидами, и пока эта сила существует, должна существовать частная собственность. Уничтожение противоположности между городом и деревней есть одно из первых условий коллективности,

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. IV, ИМЭЛ, Партиздат, 1933, стр. 40—51.

условие, которое, в свою очередь, зависит от множества материальных предпосылок и которое, как всякий видит сразу же, не может быть осуществлено одной только волей (эти условия следует рассмотреть еще подробнее). Отделение города от деревни можно рассматривать также и как отделение капитала от земельной собственности, как начало независимого от земельной собственности существования и развития капитала, т. е. собственности, основанной только на труде и обмене.

В городах, которые не перешли в средневековье в готовом виде из прошлой истории, а образовались заново освободившимися крепостными, единственной собственностью каждого индивида — за исключением приносимого им с собой небольшого капитала, который весь почти заключался в самых необходимых инструментах, — была его особая специальность. Конкуренция постоянно прибывавших в город беглых крепостных, непрерывная война деревни с городом и связанная с ней необходимость организации городской военной силы, узы общей собственности на некоторую определенную специальность, необходимость общих зданий для продажи своих товаров (тогда ремесленники были в то же время и купцами) и связанное с этим недопущение в эти здания посторонних, противоположность интересов отдельных ремесел между собой, необходимость охраны с трудом изучаемого ремесла и феодальная организация всей страны — таковы были причины объединения рабочих каждого отдельного ремесла в цехи. Мы не будем здесь подробно останавливаться на многочисленных изменениях цехового строя, вызванных позднейшим историческим развитием. В течение всего средневековья непрерывно продолжается бегство крепостных в города. Эти крепостные, преследуемые в деревнях своими господами, приходили поодиночке в города, где они находили организованную общину, по отношению к которой они были беспомощны и где им приходилось мириться с тем положением, в которое их ставили потребность в их труде и интересы их организованных городских конкурентов. Эти приходившие в город поодиночке рабочие никогда не смогли стать силой, так как в том случае, если их работа носила цеховой характер и требовала выучки, цеховые мастера подчиняли их себе и организовывали согласно своим интересам; если же она не требовала выучки и поэтому носила не цеховой, а поденный характер, то они не могли организоваться и навсегда оставались неорганизованной чернью. Нужда городов в поденной работе создала чернь. Города эти были настоящими «союзами», порожденными непосредственными потребностями, заботой об охране собственности и об умножении средств производства и защиты отдельных членов. Чернь в этих городах была совершенно бессильна вследствие того, что

она состояла из чуждых друг другу пришедших туда поодиночке индивидов, которые неорганизованно противостояли организованной, по-военски снаряженной и ровнizo следившей за ними силе. Подмастерья и ученики были организованы в каждом ремесле так, как этого требовали интересы мастеров; патриархальные отношения между ними и мастерами придавали последним двоякую силу: во-первых, мастера оказывали непосредственное влияние на всю жизнь подмастерьев и, во-вторых, работа подмастерьев у одного и того же мастера была действительной связью, объединявшей их против подмастерьев других мастеров и обособлявшей их от последних; наконец, подмастерья были связаны с существующим строем уже своей заинтересованностью в том, чтобы самим стать мастерами. Поэтому, если чернь, по крайней мере, поднимала иногда мятежи против всего этого городского строя,— мятежи, которые, впрочем, вследствие ее бессилия, не приводили ни к какому результату,— то подмастерья не шли дальше мелких протестов в рамках отдельных цехов, что неотъемлемо от самого существования цехового строя. Все крупные восстания средневековья исходили из деревни, но и они, ввиду раздробленности и связанной с ней крайней отсталости крестьян, оставались совершенно безрезультатными.

Разделение труда в городах между отдельными цехами было еще [совершенно примитивно], а внутри самих цехов между отдельными рабочими вовсе не было проведено. Каждый рабочий должен был знать целый ряд работ, должен был уметь делать все, что можно было сделать при помощи его инструментов; спрличенное общение и слабая связь отдельных городов между собой, скудость населения и ограниченность потребностей препятствовали дальнейшему разделению труда, и поэтому каждый желавший стать мастером должен был овладеть всем своим ремеслом. Вот почему у средневековых ремесленников еще есть известный интерес к своей специальной работе и к тому, чтобы делать ее хорошо, интерес, который мог подниматься до степени примитивного художественного вкуса. Но поэтому же каждый средневековый ремесленник целиком уходил в свою работу, относился к ней с рабочей преданностью и был гораздо более подчинен ей, чем современный рабочий, равнодушно относящийся к своей работе.

Капитал в этих городах был натуральным капиталом; он заключался в жилище, инструментах и естественно образовавшейся наследственной клиентуре; вследствие неразвитого общения и недостаточного обращения он не мог быть реализован и поэтому переходил по наследству от отца к сыну. Капитал этот — в отличие от современного — не исчислялся в деньгах, при которых безразлично, в какой именно вещи он заключается, —

а была непосредственно связана с трудом владельца, совершенно неотделим от него и поэтому был сословным капиталом.

Ближайшим распространением разделения труда было обособление производства от обращения, образование особого класса купцов,— обособление, которое было унаследовано от прошлого в сохранившихся от античности городах (между прочим, в населенных евреями) и очень скоро появилось во вновь возникших городах. Этим создавалась возможность торговой связи, выходящей за пределы ближайшей округи,— возможность, осуществление которой зависело от существующих средств сообщения, от обусловленного политическими отношениями состояния публичной безопасности по дорогам (как известно, в течение всего средневековья купцы передвигались вооруженными караванами) и от обусловленного соответствующей степенью культуры большего или меньшего развития потребностей в доступных сношениях областях. С сосредоточением сношений в руках особого класса и с расширением торговли, благодаря купцам, за пределы ближайших окрестностей города, тотчас возникает и взаимодействие между производством и обращением. Города вступают в связь друг с другом, из одного города в другой привозятся новые орудия труда, и разделение между производством и [организацией] сношений вскоре вызывает новое разделение производства между отдельными городами, каждый из которых переходит к эксплуатации некоторой преобладающей отрасли промышленности. Мало-помалу начинает исчезать первоначальная местная ограниченность.

В средние века в каждом городе горожане вынуждены были для защиты своей шкуры объединяться против сельского дворянства; распространение торговли и установление путей сообщения дали возможность отдельным городам познакомиться с другими городами, добившимися осуществления тех же интересов в борьбе против того же противника. Из целого ряда местных объединений горожан отдельных городов лишь мало-помалу возник класс горожан, бюргеров. Условия жизни отдельных горожан благодаря антагонизму по отношению к существующим отношениям и обусловленному ими способу труда, стали условиями, общими им всем и независимыми от каждого в отдельности. Горожане создали эти условия, поскольку они оторвались от феодальной системы, и [в свою очередь] были созданы ими, поскольку они были обусловлены своей противоположностью к феодализму, который они застали уже существующим. С возникновением связи между отдельными городами эти общие им всем условия развились в классовые условия. Одни и те же условия, одна и та же противоположность, одни и те же интересы должны были в общем повсюду создать

также одна и те же нравы. Сама буржуазия развивается лишь постепенно, вместе со своими условиями, снова распадаясь в зависимости от разделения труда на различные фракции, и в конце концов поглощает все существовавшие до нее имущие классы¹, по мере того как вся наличная собственность превращается в промышленный или торговый капитал (параллельно с этим она преобразует большинство существовавших до того неимущих и часть бывших прежде имущими классов в новый класс — пролетариат). Отдельные индивиды образуют класс лишь постольку, поскольку им приходится вести общую борьбу против какого-нибудь другого класса; в остальных отношениях они сами противостоят друг другу враждебно в качестве конкурентов. С другой стороны, и класс становится самостоятельным по отношению к индивидам, так что последние находят уже заранее установленными условия своей жизни: класс определяет их житейское положение, а вместе с тем и их личную судьбу, он подчиняет их себе. Это соответствует подчинению отдельных индивидов разделению труда и может быть устранено лишь путем уничтожения частной собственности и самого труда. Каким образом это подчинение индивидов классу вместе с тем развивается в подчинение всякого рода представлениям, мы уже не раз указывали.

Только от распространения сношений зависит, сохранятся ли для дальнейшего развития или нет достигнутые в той или другой местности производительные силы, в особенности сделанные в ней изобретения. Пока сношения ограничиваются непосредственным соседством, каждая местность должна самостоятельно делать то или другое изобретение; достаточно простых случайностей, вроде вторжений варварских народов или даже обыкновенных войн, чтобы довести какую-нибудь страну с развитыми производительными силами и потребностями до необходимости начинать все сначала. В первоначальной истории каждое изобретение должно было делаться ежедневно заново и в каждой местности независимо от других. Как мало были гарантированы от полной гибели развитые производительные силы, даже при сравнительно обширной торговле, показывает пример финикийян, большинство изобретений которых погибло на долгое время благодаря вытеснению этой нации из торговли, ее завоеванию Александром и последовавшему за этим ее упадку. Другой пример — судьба средневековой живописи на стекле. Только тогда, когда сношения приобретают мировой характер и базируются на крупной промышленности; когда все нации втя-

¹ Понятие Маркса на полях: «Она сперва поглощает принадлежащие непосредственно государству отрасли труда, а затем — все более или менее идеологические сословия». Прим. ред. Соц. М. и Э.

гиваются конкуренцией в борьбе, только тогда обеспечивается сохранение достигнутых производительных сил.

Ближайшим следствием разделения труда между различными городами было возникновение мануфактур, отраслей производства, выросших из рамок цехового строя. Исторической предпосылкой первого расцвета мануфактур — в Италии, а позже во Фландрии — было общение с иностранными нациями. В других странах — например в Англии и Франции — мануфактуры первоначально ограничивались внутренним рынком. Кроме указанных предпосылок, мануфактуры обусловлены еще возросшей концентрацией населения — в особенности деревенского — и капитала, который начал скопляться отчасти в цехах, несмотря на все цеховые запреты, отчасти у купцов, в отдельных руках.

Тот вид труда, который с самого начала был связан с машиной, хотя бы еще самой примитивной, обнаружил вкоре наибольшую способность к развитию. Ткачество, которым до того крестьяне занимались между делом, чтобы изготовить себе необходимую одежду, было первым видом труда, получившим благодаря расширению сношений толчок к дальнейшему развитию. Ткачество было первой из мануфактур и осталось главной из них. Возросший вместе с ростом населения спрос на материи для одежды, начавшиеся благодаря ускорившемуся обращению накопление и мобилизация натурального капитала, порожденная ими и стимулируемая постепенным расширением сношений потребность в предметах роскоши — все это дало толчок количественному и качественному развитию ткачества, вырвало его из рамок прежних форм производства. Наряду с ткавшими для собственного потребления крестьянами, которые продолжали это делать и поныне продолжают, в городах возник новый класс ткачей, ткани которых были предназначены для всего туземного рынка, а по большей части также и для иностранных рынков. Ткачество — разновидность труда, не требующая в большинстве случаев большого искусства и распадающаяся на бесчисленное множество отраслей, — в силу самой своей сущности противилось цеховым путам.

Поэтому ткачеством занимались очень часто и вне рамок цеховой организации в деревнях и местечках, которые постепенно превратились в города, и притом в самые цветущие города каждой страны. С появлением свободной от цеховых форм мануфактуры сразу изменились и отношения собственности. Первый шаг вперед от натурально-сословного капитала был следствием появления купцов, капитал которых был с самого начала движимым, был капиталом в современном смысле слова, поскольку об этом может идти речь в применении к тогдашним отношениям. Вторым шагом вперед было появление мануфакту-

ры, которая, в свою очередь, мобилизовала массу натурального капитала и вообще увеличила количество движимого капитала по сравнению с количеством капитала натурального. Мануфактура стала в то же время убежищем для крестьян от исключавших их или дурно оплачивавших цехов, подобно тому как прежде цеховые города служили крестьянам убежищем от [притеснявшего их сельского дворянства].

Одновременно с возникновением мануфактур начинается период бродяжничества, вызванный упразднением феодальных дружин, роспуском войск, служивших королям против их вассалов, улучшением земледелия и прекращением опрощных площадей пахотной земли в пастбища. Уже отсюда ясно, что это бродяжничество тесно связано с распадом феодализма. Уже в XIII в. были отдельные периоды подобного бродяжничества, но всеобщим и длительным явлением оно становится лишь в конце XV в. и в начале XVI в. Этих бродяг, столь многочисленных, что один лишь Генрих VIII английский приказал повесить 72 000 их, можно было заставить работать лишь с величайшим трудом, преодолев упорнейшее сопротивление. Быстро расцветшие мануфактуры, в особенности в Англии, постепенно поглотили их. С появлением мануфактуры различные нации начинают конкурировать между собой, вступают в торговую борьбу, которую ведут с помощью войн, охранительных пошлин и запретов, между тем как прежде народы, находившиеся между собой в сношениях, вели друг с другом мирный обмен. Торговля отныне приобретает политическое значение.

С появлением мануфактуры изменяется и отношение рабочего к работодателю. В цехах между подмастерьями и мастером продолжали царить патриархальные отношения; в мануфактуре же их сменили денежные отношения между рабочими и капиталистом; если в деревнях и незначительных городах отношения эти продолжали носить патриархальную окраску, то в крупных, подлинно мануфактурных городах от этой окраски очень быстро не осталось почти и следа.

Мануфактура и вообще все развитие производства достигли огромного подъема благодаря расширению сношений, вызванному открытием Америки и морского пути в Ост-Индию. Новые, ввезенные оттуда продукты, в особенности вступившие в обращение массы золота и серебра, которые радикально изменили взаимоотношения классов и нанесли жестокий удар феодальной земельной собственности и рабочим, походы авантюристов, колонизация и, прежде всего, ставшее теперь возможным и изо дня в день совершавшееся все в большем объеме расширение рынков до размеров мирового рынка, — все это породило новую фазу исторического развития, на которой мы здесь

не будем подробно останавливаться. Благодаря колонизации новооткрытых земель торговая борьба наций друг с другом получила новую пищу, а тем самым и большее распространение и приобрела более ожесточенный характер.

Расширение торговли и мануфактуры ускорило накопление движимого капитала, между тем как в цехах, не получивших никакого стимула к расширению производства, натуральный капитал оставался неизменным или даже убывал. Торговля и мануфактура создали крупную буржуазию; в цехах концентрировалась мелкая буржуазия, которая уже перестала, как прежде, господствовать в городах и должна была склониться перед господством крупных купцов и мануфактуристов¹. — Это было причиной того, что цехи пришли в упадок, как только соприкоснулись с мануфактурой.

В эпоху, о которой мы говорим, общение наций между собой принимает две различные формы. Вначале ничтожное количество находившегося в обращении золота и серебра вызвало запрет вывозить эти металлы; с другой стороны, ставшая необходимой ввиду надобности предоставить занятие растущему городскому населению и по большей части импортированная промышленность не могла обойтись без привилегий, которые, конечно, могли быть предоставлены не только для борьбы против внутренней, но, главным образом, против внешней конкуренции. Эти первоначальные запрещения распространили на всю нацию местные цеховые привилегии. Пошлины возникли из поборов, взимавшихся феодалами с проезжавших через их владения купцов в качестве выкупа за отказ от ограбления их, — поборов, которые впоследствии взимались также городами и при возникновении современных государств явились для казны удобным средством добывать деньги. Появление на европейских рынках американского золота и серебра, постепенное развитие промышленности, быстрый подъем торговли и вызванный этим расцвет цеховой буржуазии и денег — все это придало указанным мероприятиям другое значение. Государство, которое все менее и менее могло обходиться без денег, сохраняло теперь из фискальных соображений запрет вывоза золота и серебра; буржуа, для которых эти только что выброшенные на рынок денежные массы стали главным предметом вожделения, были вполне довольны этим; прежние привилегии стали источником дохода для правительства и продавались за деньги; в таможенном законодательстве появились вывозные пошлины, которые лишь тормозили развитие промышленности и преследовали чисто фискальные цели.

¹ Пометка Маркса на полях: «Мелкая буржуазия, среднее сословие, крупная буржуазия». Прим. ред: Соч. М. и Э.

Второй период наступил в середине XVII столетия и тянулся почти до конца XVIII-го. Торговля и судоходство расширялись быстрее, чем мануфактура, играющая второстепенную роль; колонии начали становиться крупными потребителями; отдельные нации делили между собой путем продолжительной борьбы открывавшийся мировой рынок. Этот период начинается законами о мореплавании и колониальными монополиями. Путем тарифов, запретов, трактатов по возможности устранялась конкуренция между нациями, а в конечном счете, борьба конкурентов велась и решалась с помощью войн (в особенности морских). Могущественнейшая морская держава, Англия, получила перевес в торговле и мануфактуре. Уже здесь — концентрация в одной стране. Для защиты мануфактуры постоянно прибегали к охранительным пошлинам на национальном рынке, к монополиям в колониях и к дифференциальным пошлинам на иностранном рынке. Оказывали покровительство обработке производимого в самой стране сырья (шерсть и полотно в Англии, шелк во Франции), запрещая вывоз производимого в стране сырья за границу (шерсть в Англии) и оставляя в пренебрежении, а то и совсем запрещая обработку импортируемого сырья (хлопок в Англии). Нация, первенствовавшая в морской торговле и обладавшая наибольшим колониальным могуществом, обеспечивала себе, конечно, и самое обширное — как количественно, так и качественно — развитие мануфактуры. Мануфактура вообще не могла обходиться без охраны, так как достаточно было малейшей перемены в других странах, чтобы она лишилась своего рынка и была разорена; при сколько-нибудь благоприятных условиях ее легко было ввести в какой-нибудь стране, но именно поэтому ее легко было и разрушить. Вместе с тем, благодаря тем методам, какими она велась, особенно в XVIII веке в деревнях, она так срасталась с жизненным укладом огромной массы людей, что ни одна страна не осмеливалась ставить на карту ее существование допущением свободной конкуренции. Поэтому, поскольку ей удавалось вывозить свои продукты, она всецело зависела от расширения или ограничения торговли, оказывая, со своей стороны, сравнительно ничтожное обратное воздействие на нее. Этим объясняется ее второстепенное значение, а также влияние купцов в XVIII веке. Купцы, а в особенности судовладельцы, более чем кто-либо настаивали на государственной охране и монополиях; правда, и мануфактуристы требовали — и добивались — охраны, но в смысле политического значения они всегда уступали купцам. Торговые города, особенно приморские, достигли некоторой цивилизованности и приобрели крупнобуржуазный характер, тогда как в фабричных городах продолжала царить мелкобуржуазная

стихия (ср. Айкин и др.). XVIII век был веком торговли. Пинто определенно говорит об этом: «Торговля — это конек нашего века; с некоторых пор только и говорят, что о торговле, мореплавании, флоте»¹.

Этот период характеризуется также отменой запрета на вывоз золота и серебра, возникновением торговли деньгами, банков, государственных долгов, бумажных денег, спекуляцией акциями и ценными бумагами, всякого рода ажиотажа и развитием денежной системы вообще. Капитал потерял еще добрую часть своего первоначального натурального характера.

Неудержимо развивавшаяся в XVII столетии концентрация торговли и мануфактуры в одной стране — в Англии — мало-помалу создала для нее относительный мировой рынок, а тем самым и спрос на ее мануфактурные продукты, который уже не мог быть больше удовлетворен прежними промышленными производительными силами. Этот переросший производительные силы спрос и был движущей силой, вызвавшей третий со времени средневековья период частной собственности, породив крупную промышленность — использование сил природы для промышленных целей, машины и самое детальное разделение труда. Прочие условия этой новой фазы — свобода конкуренции в пределах страны, создание теоретической механики (механика, которую Ньютон довел до совершенства, вообще была в XVIII веке самой популярной во Франции и Англии наукой) и т. д. — уже существовали в Англии (свободной конкуренции в пределах страны повсюду приходилось добиваться при помощи революции — 1640 и 1688 гг. в Англии, 1789 г. во Франции). Конкуренция заставила вскоре каждую страну, не желавшую утратить своей исторической роли, прибегнуть для охраны своих мануфактур к новым таможенным мероприятиям (старые пошлины уже не годились для борьбы с крупной промышленностью) и ввести вслед за тем крупную промышленность, охраняя ее таможенным тарифом. Несмотря на эти охранительные меры, крупная промышленность универсализировала конкуренцию (она — практическая свобода торговли; охранительные

¹ Хотя движение капитала значительно ускорилось, оно все еще оставалось сравнительно медленным. Раздробление мирового рынка на отдельные части, каждая из которых эксплуатировалась особой нацией, устранение конкуренции между нациями, неповоротливость самого производства и неразвитость денежной системы, проходившей еще первые степени развития, — все это тормозило обращение. Следствием этого был мелочный, грязный, торгашеский дух, свойственный всем тогдашним купцам и всем методам торговли. По сравнению с мануфактуристами, а тем более с ремесленниками, они были, конечно, крупными буржуа, но по сравнению с купцами и промышленниками следующего периода они оставались мелкими бюргерами (ср. А. Смита). Прим. автора.

пошлины являются в ней только паллиативом, оборонительным оружием (в пределах свободы торговли), создала средства сообщения и современный мировой рынок, подчинила себе торговлю, превратила весь капитал в промышленный капитал и породила таким образом быстрое обращение (развитую денежную систему) и централизацию капиталов. При помощи универсальной конкуренции она заставляла всех индивидов до крайности напрягать свою энергию. Где только могла, она уничтожала идеологию, религию, мораль и т. д., а там, где она этого не сумела добиться, она превратила их в явную ложь. Она впервые создала всемирную историю, поскольку поставила удовлетворение потребностей каждой цивилизованной нации и каждого индивида в ней в зависимость от всего мира и поскольку уничтожила прежнюю, примитивную обособленность отдельных наций. Она подчинила естествознание капиталу и лишила разделение труда последних следов его естественного возникновения. Она вообще уничтожила натуральные отношения, поскольку это возможно в рамках труда, превратив их в денежные отношения. На место прежних, естественно развившихся городов она создала современные крупные промышленные города, выраставшие с невероятной быстротой. Повсюду, куда она проникла, она разрушила ремесло и вообще все прежние ступени промышленности. Она завершила победу торгового города над деревней. [Ее первая предпосылка] — автоматическая система. [Ее развитие] породило множество производительных сил, для которых частная [собственность] является такими же оковами, какими цеховой строй был для мануфактуры и мелкое деревенское производство для развивающегося ремесла. При господстве частной собственности эти производительные силы получают лишь одностороннее развитие, становясь для большинства разрушительными силами, и множество подобных производительных сил вовсе не может найти себе применения при частной собственности. Крупная промышленность создала повсюду в общем одинаковые отношения между классами общества и тем самым уничтожила особенности отдельных национальностей. Наконец, в то время как буржуазия каждой нации еще сохраняет свои особые национальные интересы, крупная промышленность создала класс, которому во всех нациях присущи одни и те же интересы и у которого уже уничтожена национальность — класс, который действительно отрешился от всего старого мира и вместе с тем противостоит ему. Крупная промышленность делает для рабочего невыносимым не только его отношение к капиталисту, но и самый труд.

Разумеется, крупная промышленность не во всех местностях данной страны достигает одинакового уровня развития. Это

однако, не задерживает классового движения пролетариата, так как порожденные крупной промышленностью пролетарии становятся во главе этого движения и увлекают за собой всю остальную массу и так как не вовлеченные в крупную промышленность рабочие попадают из-за нее в еще худшее положение, чем сами рабочие крупной индустрии. Точно так же страны, в которых развита крупная промышленность, воздействуют на более или менее непромышленные страны, поскольку последние благодаря мировым сношениям, втягиваются во всеобщую конкурентную борьбу¹.

Эти различные формы были также и формами организации труда, а значит, и собственности. В каждый период происходило объединение существующих производительных сил, поскольку потребности делали это объединение необходимым.



¹ Конкуренция изолирует друг от друга индивидов — не только буржуа, но еще более пролетариев. — несмотря на то, что она их сводит вместе. Поэтому проходит немало времени, пока эти индивиды сумеют объединиться, наговоря уже о том, что для этого объединения, — если ему не предостиг остаться лишь местным — крупная индустрия должна сперва создать необходимые средства, а именно крупные промышленные города и дешевые быстрые пути сообщения. Поэтому лишь после долгой борьбы можно победить всякую организованную власть, противостоящую этим изолированным индивидам, живущим в условиях, которые ежедневно воспроизводят эту изолированность. Требовать противного равносильно требовать, чтобы в эту определенную историческую эпоху не существовало конкуренции или чтобы индивиды выкинули из головы отношения, над которыми они вселюдские силой изолированности не имеют никакого контроля. *Прим. автора.*

ТОРГОВЛЯ, ПУТИ И СРЕДСТВА СООБЩЕНИЯ

1. Развитие торговли и торговых сношений в XVI—XVII вв.
2. Транспорт в эпоху феодализма и успехи его в XVI—XVII вв.
3. Развитие речного транспорта. Успехи гидростатики в связи с развитием строительства каналов и шлюзов.
4. Морское судостроение.
5. Значение проблемы определения долготы для развития небесной механики.

ТОРГОВЛЯ, ПУТИ И СРЕДСТВА СООБЩЕНИЯ

Торговля достигает значительного развития уже к началу средних веков. Однако сухопутные пути сообщения находятся в весьма жалком состоянии. Дороги настолько узки, что на них не могут разойтись даже две лошади. Идеалом дороги является такая дорога, где три лошади могли бы идти рядом, где, по выражению того времени (XIV в.), «невеста могла бы проехать, не зацепив воза с покойником».

Немудрено, что товары провозятся во вьюках. Дорожное строительство почти совершенно отсутствует. Замкнутость феодального хозяйства не дает никаких импульсов для развития дорожного строительства. Наоборот, как феодалы, так и жители мест, где проходит торговый транспорт, заинтересованы в плохом состоянии дорог. Феодал заинтересован в плохом состоянии дорог потому, что Grundruhrecht дает ему право собственности на всякую вещь, упавшую на его землю с повозки или вьюка.

Скорость передвижения сухопутного транспорта в XIV в. не превышает 5—7 миль в день. Естественно, что морской и водный транспорт играют большую роль как вследствие большей грузоподъемности кораблей, так и вследствие большей скорости передвижения: самая большая двухколесная повозка при 10—12 волах едва вмещала 2 т товара, в то время как судно средней величины вмещало до 600 т. В том же XIV в. из Константинополя в Венецию ездили втрое скорее морем, чем сушей. Однако и морской транспорт этого периода весьма несовершенен: так как нет еще хороших методов для ориентировки судна в открытом море, то плавают вблизи берегов, что очень замедляет скорость передвижения. Хотя первое упоминание о компасе в арабской книге «Сокровищница купцов» относится к 1242 г., но он входит во всеобщее употребление не ранее второй половины XIV в. К этому времени относится появление географиче-

ских морских карт. Но компас и карты могут быть рационально использованы только при умении правильно ориентироваться в море, т. е. определять широту и долготу.

Развивающийся капиталистический способ производства разбивает средневековую замкнутость города и сельской общины, необычайно расширяет географический кругозор, значительно убыстряет темп жизни. Ему нужны удобные пути сообщения, более совершенные средства сообщения, более точное измерение времени, и, в связи со все убыстряющимся темпом обмена, более точные приемы счета. Особенное внимание обращается на водный транспорт — на морской транспорт как на средство связи между отдельными странами и на речной транспорт как на средство связи внутри страны. Развитию речного транспорта способствует также и то, что с древности водные пути являлись наиболее удобными и исследованными, и естественный рост городов был связан с системой речных сообщений. Перевозка по рекам стоила втрое дешевле гужевого транспорта. Развивается также строительство каналов как дополнительное средство внутреннего транспорта и как средство соединения морского транспорта с внутренней системой рек.



РАЗВИТИЕ ТОРГОВЛИ И ТОРГОВЫХ СНОШЕНИЙ В XVI И XVII ВЕКАХ

К. МАРКС

ИЗ ИСТОРИИ КУПЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА¹

Не подлежит никакому сомнению, — и именно этот факт привел к совершенно ошибочным взглядам, — что великие революции, происшедшие в торговле в XVI и XVII вв. после географических открытий и быстро подвинувшие вперед развитие купеческого капитала, составляют главный момент в ряду тех, которые содействовали переходу феодального способа производства в капиталистический. Внезапное расширение мирового рынка, умножение обращающихся товаров, соперничество между европейскими нациями в стремлении овладеть азиатскими продуктами и американскими сокровищами, колониальная система, — все это существенным образом содействовало разрушению

¹ К. Маркс, Капитал, т. III, кн. 3, отдел. 4, гл. 20, стр. 233 — 234, Партиздат, М., 1932, 9-е изд.

феодалных рамок производства. Между тем современный способ производства в своем первом периоде, мануфактурном периоде, развивался только там, где условия для этого создались еще в средние века. Стоит сравнить, например, Голландию с Португалией¹. А если в XVI и отчасти в XVII столетии быстрое расширение торговли и создание нового мирового рынка оказали подавляющее влияние на падение старого и на подъем капиталистического способа производства, то это, напротив, произошло на основе уже созданного капиталистического способа производства. Мировой рынок сам образует основу этого способа производства. С другой стороны, имманентная для последнего необходимость производить в постоянно увеличивающемся масштабе ведет к постоянному расширению мирового рынка, так что в этом случае не торговля революционизирует промышленность, а промышленность постоянно революционизирует торговлю. И торговое господство теперь связано уже с большим или меньшим преобладанием условий, от которых зависит развитие крупной промышленности. Стоит сравнить, например, Англию и Голландию. История падения Голландии как господствующей торговой нации есть история подчинения торгового капитала промышленному капиталу. Препятствия, которые ставят разлагающему влиянию торговли внутренняя устойчивость и строй докапиталистических национальных способов производства, поразительно обнаруживаются в сношениях англичан с Индией и Китаем. Широкий базис способа производства составляет здесь единство мелкого земледелия с домашней промышленностью, причем к этому присоединяется еще форма деревенских общин, покоящихся на общинном землевладении, которая, впрочем, была первоначальной формой и в Китае. В Индии англичане, как властители и собственники земельной ренты, немедленно применили свою непосредственную политическую и экономическую власть для того, чтобы разрушить эти маленькие экономические общины. Их торговля оказывает здесь революционизирующее влияние на способ производства лишь постольку, поскольку они дешевизной своих

¹ Какое преобладающее значение для развития Голландии, кроме других обстоятельств, имел базис производства, заложенный в ее обыкновении, мануфактуре и земледелии, это показали уже писатели XVIII столетия. См. например Massey. В противоположность прежним взглядам, когда размеры и значение азиатской, античной и средневековой торговли ставились слишком низко, теперь вошло в моду чрезвычайно переоценивать их. Всего лучше можно освободиться от такого представления, если рассмотреть английский взнос и вывоз к началу XVIII столетия и сравнить с современным. И однако он был несравненно более значителен, чем у какой бы ни было торгового народа преждего времени (см. *Anderson, History of Commerce*). *Прим. автора.*

товаров уничтожают прядение и ткачество, исконную интегральную часть этого единства промышленно-земледельческого производства, и, таким образом, разрывают общину. Но даже здесь это дело разложения удается им лишь очень медленно. Еще менее оно удается в Китае, где непосредственная политическая власть не приходит на помощь. Большая экономия и сбережение времени, происходящие от непосредственного соединения земледелия и мануфактуры, оказывают здесь самое упорное сопротивление продуктам крупной промышленности, в цену которых входят *faux frais* повсюду понизывающего их процесса обращения. В противоположность английской, русская торговля, напротив, оставляет незатронутой экономическую основу азиатского производства.

ЭНГЕЛЬС — КОНРАДУ ШМИДТУ¹

27 октября 1890 г.

... Там, где имеется разделение труда в общественном масштабе, отдельные работники становятся самостоятельными друг от друга. Производство является в последнем счете решающим. Но, как только торговля продуктами, обособляется от производства в собственном смысле, она следует своему собственному движению, над которым в общем и целом господствует производство, но в отдельных частях и внутри этой общей зависимости она, торговля, все же следует своим собственным законам, которые присущи природе этого нового фактора. У этого движения [торговли] есть свои собственные фазы, и в свою очередь оно оказывает обратное действие на движение производства. Открытие Америки было вызвано голодом в золоте, который еще раньше погнал португальцев в Африку (см. Soetber, Edelmetallproduction), потому что европейская промышленность, так могуче расширявшаяся в XIV и XV веках, и соответствовавшая ей торговля требовали больше орудий обмена, которых Германия — великая страна серебра в 1450—1550 гг. — дать не могла. Завоевание Индии португальцами, голландцами, англичанами с 1500 по 1800 г. имело целью ввоз из Индии. О вывозе туда ни один человек не думал. И все же какое колоссальное обратное действие оказали на промышленность эти открытия и завоевания, вызванные чисто торговыми интересами! Только потребности вывоза в эти страны создали и развили крупную промышленность [в Европе]...

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма, перев. в ред. Адоратского, Соцэкиз, 1931, 4-е изд., стр. 373

Вот в каких ярких красках описывает Люис Робертс, в своей книге «Merchant's Map of Commerce» («Торговая карта купца», 1638 г., торговлю Англии¹. «Когда, обозревая государства и города всего света и каждый маленький порт и гавань, я вижу повсюду англичан, разыскивающих новую торговлю, то я начинаю верить, что эта страна достигла своего высшего развития, или ей предстоят еще дальнейшие успехи, которых



RECUEIL
DES VOIAGES
QUI ONT SERVI
A L'ETABLISSEMENT
ET AUX PROGRES
DE LA
COMPAGNIE
DES
INDES ORIENTALES,

Formée dans les PROVINCES
UNIES des Pais-bas.
TOME TROISIEME.



A AMSTERDAM,

Aux Dépens d'ETIENNE ROGER,
Marchand Libraire, chez qui l'on trouve
un affortiment général de toute force
de Musique. M. D. C. C. V.

Рис. 1. Фронтиспис и титульный лист 3-го тома книги «Сборник путешествий, послуживших к организации и развитию Ост-индской компании...» 1705

я не в состоянии предвидеть». Далее он замечает, что английская торговля не ограничивалась теперь вывозом прежних главных продуктов страны — сукна, свинца, олова и тканей, — но что она вела теперь и значительное транспортное морское дело, так что другие государства получали продукты отдаленных стран через посредство английских купцов. Например,

¹ Б. Г. Гиббинс, Очерк истории английской торговли и колоний, 1899, гл. VI, стр. 29.

Ост-индская компания вела теперь морскую торговлю с Индией, Аравией и Персией, которая прежде составляла монополию итальянских купцов. Таким же образом морской транспорт товаров в Турцию и азиатские порты, бывший прежде в руках французов, перешел теперь к Левантской компании. Все эти, а также и другие подробности указывают нам, что Англия стала занимать теперь первое место в ряду торговых наций.

Еще более показательное постоянное разрастание английских колоний. В вест-индских колониях начинают разводить вывезенный из Бразилии сахарный тростник. Дело, приносящее огромную прибыль. Автор книги «Trade Revived» («Возрождение торговли») в 1659 г. говорит по поводу Барбадоса, что здесь «многие низкорожденные люди наживали богатства вельмож». Завоевание Кромвелем Ямайки у испанцев (в 1655 г.) в большой мере способствовало развитию торговли и могущества англичан в Вест-Индии. Расширяется торговля с американскими плантациями. Сэр Вильям Петти в 1676 г. говорит, что груз, поднимаемый судами, занятыми в американской и гвинейской торговле, до тех пор незначительной, простирался до 40 000 т — весьма значительной цифры по тем временам. Давенант говорит, что эти сведения относятся к несколько более позднему времени, что английский экспорт в североамериканские плантации за шесть лет, с 1682 г., поднялся, в своей средней стоимости, до 350 000 фунт. стерл., а вывоз оттуда, причем большая часть доставляемых в Англию товаров опять вывозилась на европейский материк, оценивался около 950 000 фунт. стерл.

С целью поддержания английской торговли Кромвель издал так называемый навигационный акт. Навигационный акт имел целью нанести удар посреднической торговле Голландии, главному тогдашнему сопернику Англии¹.

НАВИГАЦИОННЫЙ АКТ

9 октября 1651 г.²

«Для увеличения торгового флота и поощрения мореплавания нации, что, благодаря благому провидению и покровительству божию, является столь важным средством благополучия и безопасности этой республики, настоящим парламентом и его властью должно быть постановлено, что с 1 декабря 1651 г.

¹ Гиббинс, *idem*, стр. 33.

² Acts and ordinances of the interregnum, 1642—1660, II, стр. 559—560, 1911. Перевод взят из сборника «Новая история в документах и материалах», под ред. Н. М. Лукина и В. М. Далина, 1934, т. I, стр. 46—48.

и впредь от этой даты никакие продукты и товары, произрастающие или производимые в Азии, Африке и Америке, или же в их частях, или же на относящихся к ним островах..., не должны ввозиться или же доставляться в Английскую республику, или в Ирландию, или же в какие-либо земли, острова, плантации, или территории, принадлежащие этой республике или находящиеся в ее владении, на каком-либо ином корабле или кораблях, судне или судах, кроме тех, которые действительно и без обмана принадлежат только гражданам этой республики или ее колоний, как собственникам или действительным владельцам, и капитан и матросы которых также будут гражданами этой республики, под страхом конфискации и потери всех товаров, которые будут ввозиться вопреки этому акту, а также под страхом конфискации корабля со всем его снаряжением, пушками и принадлежностями, на котором будут доставлены или ввезены названные товары или продукты; половина конфискованного будет идти в пользу республики, а другая — в пользу всякого лица или лиц, которые захватят товары или продукты и будут отстаивать свои права в каком-либо призовом суде республики.

Далее вышеназванной властью постановлено, что никакие продукты и товары, произрастающие или производимые в Европе или какой-либо ее части, с 1 декабря 1651 г. не должны доставляться и ввозиться в Английскую республику или в Ирландию, или иные земли, острова, колонии и территории, принадлежащие этой республике или находящиеся в ее владении, ни на каком другом корабле или кораблях, судне или судах, кроме тех, которые принадлежат действительно и без обмана только гражданам этой республики, и ни на каких других судах, за исключением тех иностранных кораблей и судов, которые действительно являются собственностью подданных той страны или местности, где произрастают или производятся названные товары, могут быть доставлены или обыкновенно сначала привозятся, для дальнейшего транспорта, — все это поставлено под той же угрозой конфискации, изложенной в предыдущей части этого акта, с тем, чтобы упомянутые конфискации изыскивались и употреблялись, как было сказано выше.

Далее вышеназванной властью постановлено, что никакие продукты и товары, произрастающие и производимые за границей и которые должны быть ввозимы в республику на судах, принадлежащих ее гражданам, не должны перевозиться или из какого-либо иного места или мест, страны или стран, кроме тех, где названные продукты произрастают и производятся, или тех портов, куда они могут быть привозимы или обыкновенно сперва привозятся для дальнейшего транспорта, — но ни из

каких иных мест и стран под угрозой конфискации и убытков, изложенных в первой части этого акта, с тем, чтобы упомянутые конфискации взыскивались и употреблялись, как было сказано выше...»

В 1559 г.,— говорит Кулишер¹,— в лондонском порту имелось 22 набережных, где допускалась нагрузка и разгрузка кораблей между восходом и закатом солнца; в лондонской гавани в 1696 г. был устроен первый запирающийся шлюзами со стороны моря док (отдан в концессию герцогу Бедфордскому). Уже в конце XVII в. англичане с гордостью рассказывали о тех огромных суммах, которые уплачивались на лондонской таможне, и о том лесе мачт, который покрывал Темзу вплоть до Тоуэра. Хотя тоннаж всего судоходства Лондона в это время едва достигал 70 000 тонн, он казался англичанам колоссальным: действительно, эти 70 000 тонн составляли третью часть всего тоннажа королевства. В половине XVII в. (1642 г.) Английская ост-индская компания имела флот в 15 000 тонн; у нее имелось на Темзе (1628 г.) 7 судов дальнего плавания в 4 200 тонн и 34 других судна в 7 850 тонн. В Лондоне сосредоточивалась английская торговля как с континентом Европы, так и с Индией и американскими колониями: принадлежавшая Англии по Навигационному акту монополия торговли с колониями находилась в руках Лондона, ибо здесь помещались привилегированные заокеанские компании.

В той же книге Кулишер приводит следующую любопытную выписку из дневника за 1501 г. венецианского купца и банкира Джироламо Примули²: «24-го числа пришли письма из Португалии от посланника Венецианской сеньории, отправленного туда для того, чтобы тщательно разузнать правду о путешествии в Индию, затеянном португальским королем..., так как это предприятие имеет для венецианского государства больше значения, чем война с турками... Правда, погибло семь кораблей, но остальные шесть (речь идет о второй экспедиции 1500—1501 гг.) привезли столько товаров и на такую сумму денег, что даже трудно оценить... И если это путешествие повторится, а это, как мне кажется, легко может случиться, король Португалии сможет называться королем денег, так как все съедутся в его страну, чтобы купить пряности, а деньги останутся в Португалии... Когда пришло в Венецию это известие, оно вызвало большую досаду во всем городе, каждый был поражен, что

¹ И. М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, т. II, Соцгиз, 1931, 8-е изд., стр. 199.

² Там же, стр. 200.

в наше время найден путь, о котором никогда, ни в древние времена, ни при наших предках, не слышали и не ведали. И сенаторы признали, что эта весть — худшее, что Венецианская республика когда-либо могла получить, кроме разве потери своей свободы... И это потому, что нет никакого сомнения, что венецианское государство достигло такой известности и славы только благодаря морю, непрерывной торговле и плаваньям...

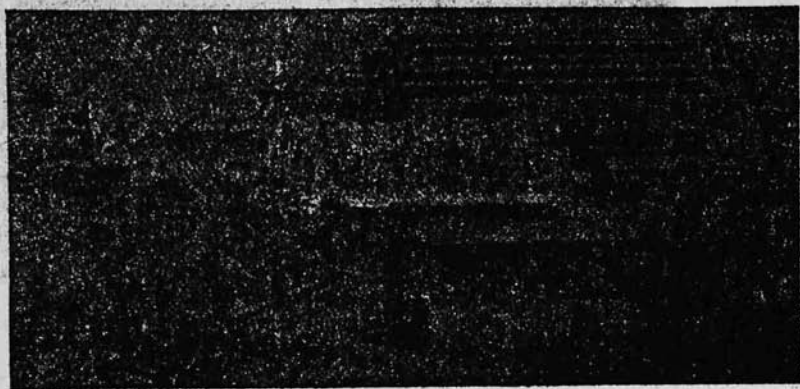


Рис. 2. Рынок в Бантаме. Гравюра из книги Линдшоттена „Восточная Индия“. 1548—1550

И все с деньгами съезжались в Венецию покупать пряности... Теперь же, когда найден этот новый торговый путь из Португалии, португальский король будет свозить все пряности в Лиссабон, и, несомненно, венгерцы, немцы, фламандцы, французы, которые приезжали в Венецию закупать пряности, теперь обратятся в Лиссабон, который ближе ко всем этим странам, и туда легче довести, и там они все будут иметь дешевле, а это важнее всего. Отсюда я заключаю, что если это путешествие из Лиссабона в Каликут установится так, как оно началось, то венецианским галерам и венецианским купцам не будет хватать пряностей, а если иссякнет эта торговля в Венеции, то можно считать это равным тому, как если бы иссякла пища и молоко для младенца».

Большую торговлю ведет Голландия в XVII веке; в то время все гавани, бухты, заливы Голландии были полны кораблями; все каналы внутри страны покрыты судами. Существовала характерная поговорка, что там столько же народа живет на воде, сколько на земле. Насчитывали 200 самых

крупных, 3 000 средних судов, имевших свою главную стоянку у Амстердама. К самому городу примыкал густой, темный лес их мачт.

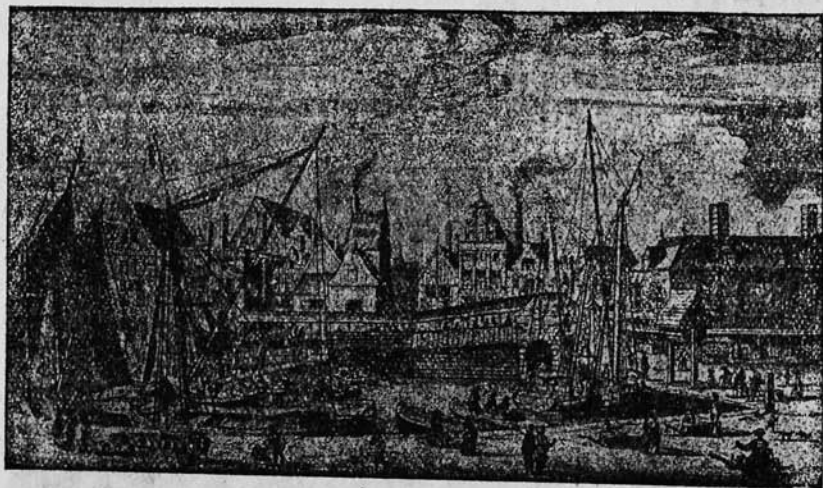


Рис. 3. Амстердам в XVII веке. Современная гравюра

В XVII в. стало обычным делом отправляться в путешествие в Индию; научились плавать со всяким ветром. Каждый дом сделался школой судоходства; не было ни одного без морской карты. Могли ли они уступать врагу, они, столь всецело покорившие моря. Голландские корабли пользовались славой, что они «скорее сжигают себя, чем сдаются».



ТРАНСПОРТ В ЭПОХУ ФЕОДАЛИЗМА И УСПЕХИ ЕГО В XVI—XVII ВВ.

Пути сообщения в эпоху феодализма были в отвратительном состоянии. Кулишер¹ приводит ряд данных о состоянии транспорта.

О мостах упоминается, правда, начиная с XIII века, в Италии и Фландрии и раньше; хотя постройка их считалась бого-

¹ И. М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, т. I, Соцгиз, 1931, 8-е изд., стр. 275—277.

угодным делом и основанием для получения индульгенции, но все же появляются они лишь в незначительном количестве и только там, где невозможно было переходить реки вброд. Мосты эти были деревянные, и часто повозка проехать по ним вовсе не могла; они не были предназначены для повозок: *pop siggibus* (не для возов). В Авиньоне был построен в XII веке мост в 900 м длины в течение 10 лет, на Роне в XIII веке — в 1 000 м и был закончен в 30 лет. В области Ганзы находим в XIV веке несколько мостов; о «совершенных», построенных с огромными расходами каменных мостах летописцы особо упоминают как о чрезвычайно важном явлении. Но даже «прекрасный» каменный мост у г. Миндена был сорван ледоходом; в области Мозеля построенный римлянами каменный мост являлся до половины XIV в. единственным. Только в Северной Италии мосты, повидимому, находились в несколько лучшем состоянии.

Улучшение дорог вовсе не входило в интерес жителей той местности, через которую лежал путь, ибо чем хуже была дорога, тем больше требовалось добавочных лошадей, тем больше дохода приносили кузнецы от починки телег, подков, наконец, тем больше тратили проезжающие во время остановок на потребляемые ими продукты. Для сеньоров же выгодно было не строить дороги и мосты, а ухудшать и разрушать их, ибо — помимо того, что плохая дорога облегчала нападения и грабежи, — по принципу «что с возу упало, то пропало» (*Grundruhrrecht*), всякая вещь, которая падала на землю, если телега ломалась или опрокидывалась при падении животного, становилась собственностью сеньора. «Когда едешь на ярмарку, — дается совет купцам, — бери повозку с небольшими колесами и смотри, чтобы тебе не пришлось платить *Grundruhr*, а то вся твоя прибыль пропала». Чем дольше продолжалось путешествие, тем больший доход доставлял сеньору и конвой, т. е. охрана людей и их имущества посредством всадников, которые сопровождали проезжающего. Впрочем, конвой нередко имел характер так называемого «мертвого» конвоя, где все ограничивалось получением квитанции в уплате конвойных денег. Эти квитанции являлись уже простым средством вымогательства: они нисколько не охраняли проезжающих; наоборот, собственные же люди сеньора нападали на уплатившего и грабили его; воюющие же стороны, во всяком случае, не обращали внимания на грамоту о беспрепятственном проезде, даже если она была выдана самим императором.

Нередко феодалы специально портили дороги и устраивали всевозможные стеснения и преграды — строили на суше мосты, протягивали цепи через реку, чтобы обеспечить себе сборы при

проезде купцов мимо многочисленных таможен. Ради этой последней цели был установлен и «Strassenzwang» (nemini licitum sit per villas circumire), т. е. запрещение заменять раз навсегда установленную худшую дорогу лучшей и более прямой. Из Польши на Лейпцигскую ярмарку был, например, установлен, в качестве обязательного, круглый путь через Познань, Глогау и т. д., который был втрое длиннее прямого пути. Для борьбы с обходом дорог и таможен феодалы строили высокие башни, господствовавшие над всей окрестностью, заключали между собой даже союзы с этой целью, причем предписывали остановку в определенных местах и отнимали весь товар у нарушавших постановления купцов. Это находилось в связи с бесчисленным количеством таможенных застав; в XIV в. насчитывалось 64 заставы на Рейне, 35 — на Эльбе и 77 — на Дунае в Нижней Австрии; около Нюрнберга имелось 24 заставы, из них 10 на расстоянии всего 3 миль от города. Транспорт по Рейну, вследствие многочисленности таможен, был крайне стеснен; по Лампрехту, на расстоянии между Бингеном и Кобленцом рейнские пошлины составляли свыше двух третей ценности товара. Недаром Mathias Paris говорит о «Furiosa Teutonicorum insania», о помешательстве немцев, выражающемся в бесчисленных таможенных заставах. Конечно, скорость передвижения при подобных условиях не могла быть велика; в течение дня — по Гецу — в среднем проезжали 5—7 миль; в Альпах, впрочем, лишь при смене лошадей.

Условия транспорта приводили к тому, что торговые операции могли совершаться лишь весьма медленно. Мы можем усмотреть это из корреспонденции Гильдебранда Векингузена, опубликованной недавно Штида. Письма из Данцига в Брюгге шли в лучшем случае 10 дней, из Любека в Брюгге иногда 31 и 48 дней, из Риги в Брюгге 39—52 дня, иногда даже 73 дня. Даже на небольшом расстоянии между Брюгге и Кельном требовалось 6—8 дней. Правильных почтовых сношений еще не было; купцы пользовались услугами отдельных лиц, которых они отправляли по мере надобности.

Плохое состояние сухопутных дорог в Англии не изменяется в течение долгих лет. Еще в 1662 г. это положение совершенно не изменилось, и поэтому в одном из судебных постановлений езда по главным дорогам объявляется «очень опасной и почти невозможной». Яркую картину состояния дорог в Англии дает Маколей¹. «Как путешественники, так и товары перевозились из одного места в другое по большим дорогам; а эти большие

¹ Маколей, Сочинения, 1875 г., изд. М. О. Вольфа, т. VI, История Англии, ч. I, стр. 310—312.

дороги, как оказывается, были гораздо хуже, нежели можно было бы ожидать от той степени богатства и цивилизации, которой нация уже и тогда успела достигнуть. Лучшие пути сообщения отличались глубокими колеями, крутыми спусками и нередко были таковы, что в сумерки почти невозможно было отличить их от неогороженных степей и болот, тянувшихся от

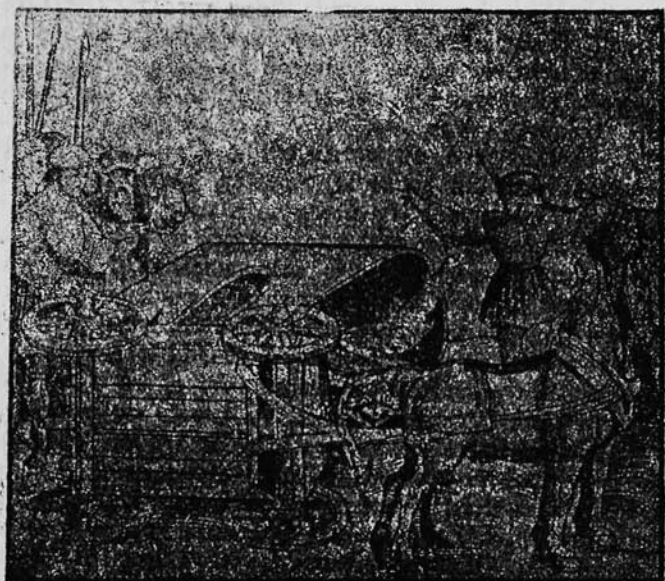


Рис. 4. „Как папа Иоанн около Арленберга в снегу лежал“. Гравюра 1536.
(Карета опрокинулась вследствие дурной дороги)

обеим сторонам. Антикварий Ральф Торзби едва не заблудился на большом Северном тракте, между Барнби-Муром и Токсфордом, и действительно заблудился между Донкастером и Йорком. Пепис и жена его, путешествуя в собственной карете, заблудились между Ньюбери и Ридингом. В ту же самую поездку заблудились они близ Салисбери и едва не были принуждены переночевать на открытом месте.

Только в хорошую погоду могли колесные экипажи пользоваться всюю шириною дороги. Направо и налево нередко лежала глубокая грязь, и только узкая полоса твердой земли возвышалась над топью. В такие времена остановки и ссоры случались часто, и проезд иногда долгое время бывал загорожен возчиками, из которых ни один не хотел свернуть с дороги. Кареты почти ежедневно вязли и сидели в грязи, пока не являлись

с какой-нибудь соседней фермы вола, чтобы вытащить экипажи из трясины. Но в дурную пору года путешественник подвергся неудобствам еще более важным. Торзби, который обыкновенно ездил между Лидсом и столицей, записал в своем дневнике столько опасностей и несчастных случаев, что их было достаточно в путешествии к Ледовитому океану или в Сахару. Однажды он узнал, что между Вэром и Лондоном реки выступили из берегов, что путники должны были спасаться вплавь, и что один разносчик погиб, пытаясь переправиться. Вследствие этих известий он свернул с большой дороги и отправился с проводником через луга, где ему приходилось ехать по края седла в воде. В другой раз его чуть-чуть не унесло наводнением Трента. После того он оставался в Стамфорде четыре дня по случаю состояния дорог и, наконец, решился двинуться далее потому только, что его приняли в свое общество четырнадцать членов палаты общин, которые все вместе отправлялись в парламент с проводниками и многочисленной прислугой. На дербиширских дорогах путешественники постоянно подвергались опасности сломать себе шею и нередко должны были слезать с коней и вести их под уздцы. Большой тракт через Валлис в Голигед был в таком состоянии, что в 1685 г. наместник Ирландии, отправлявшийся к месту своего назначения, должен был употребить пять часов, чтобы проехать четырнадцать миль от Сент-Асафа до Конвея. Между Конвеем и Бомарисом он принужден был идти большую часть дороги пешком, а жену его несли в носилках. Его карета с большим трудом и при помощи множества рук была перенесена за ним целиком. Вообще же экипажи разбирались в Конвее на части и переносились на плечах дюжих валлийских крестьян до Менайского пролива. В некоторых частях Кента и Соссекса только самые сильные лошади могли зимою переходить через болото, в котором они на каждом шагу глубоко вязли. Рынки часто бывали недоступны в течение нескольких месяцев. Говорят, что произведения земли иногда преспокойно гнили в одном месте, тогда как в другом, всего за несколько миль от первого, предложение далеко не соответствовало спросу. Колесные экипажи в этом округе обыкновенно запрягались волами. При посещении роскошного Петвортского замка в дождливую погоду принц Георг Датский должен был употребить шесть часов, чтобы проехать девять миль; да и то необходимо было, чтобы целая толпа дюжих мужиков поддерживала с обеих сторон его карету. Из числа экипажей, которые везли его свиту, многие были опрокинуты и повреждены. До сих пор сохранилось письмо одного из его дежурных джентльменов, в котором несчастный царедворец жалуется, что он в продолжение четырнадцати часов ни разу не

останавливался, за исключением тех случаев, когда его карета опрокидывалась или увязала в грязи».

«Издержки на пересылку тяжелых товаров этим путем были огромны¹. От Лондона до Бирмингама плата была 7 фунтов с тонны, от Лондона до Экстера 12 фунтов с тонны. Это составляло около 15 пенса с тонны за каждую милю, одною третью более, нежели потом платилось на заставных дорогах, и в пятнадцать раз более того, что теперь² требуется обществами железных дорог. Стоимость провоза равнялась запретительной пошлине на многие полезные предметы. Каменный уголь, в особенности, не встречался нигде кроме округов, в которых он добывался, или округов, куда он мог доставляться морем; и действительно, на юге Англии он всегда был известен под названием морского угля».

Внутренняя торговля развивалась гораздо медленнее, чем внешняя. Мешали те дурные условия, в которых она происходила.

Сэ так описывает состояние Франции того времени³.

Дорог еще далеко не достаточно. Правда, во времена Генриха IV были сделаны серьезные шаги в этом направлении; великий «дорожный мастер» Сюлли занялся починкой дорог и мостов, заброшенных в продолжение тридцатилетних гражданских неурядиц. Но в эпоху Ришелье и Мазарини работы по восстановлению дорог были в большей своей части в пренебрежении, так что к началу самостоятельного царствования Людовика XIV повсюду во Франции отмечают плохое состояние главных дорог. Кольберу принадлежит заслуга организации управления мостов и дорог, в котором теперь получили решающую роль интенданты провинций. Были проведены важные дороги. Но в конце царствования Людовика XIV снова отмечают упадок дорог (часты жалобы на это в докладных записках интендантов за 1681 г.). Кроме того, ничего не было сделано для улучшения проселочных дорог.

Когда это только возможно, предпочитают пользоваться речными, гораздо более дешевыми путями. Поэтому улучшали судоходность наиболее значительных рек. Производились также большие работы по прорытию каналов. Бонарский канал, начатый в 1605 г. и заброшенный с 1610 до 1638 гг., был закончен в 1642 г.; запроектированный Рике Лангедокский канал, кото-

¹ Маколей, Сочинения, т. VI, История Англии, ч. I, стр. 313.

² Писано в 1848 году. Прим. ред.

³ H. Sée, Esquisse d'une histoire économique et sociale de la France, Paris 1929, стр. 267—269.

рый должен был соединить Атлантический океан со Средиземным морем, был прорыт с 1665 по 1681 г. Кольбер подумывал о проведении еще ряда других каналов, но при Людовике XIV были еще прорыты только канал, соединяющий Сент-Омер с Кале, и канал, соединяющий Лауру с Луэнгом (притоком Сены) через Монтаржис.

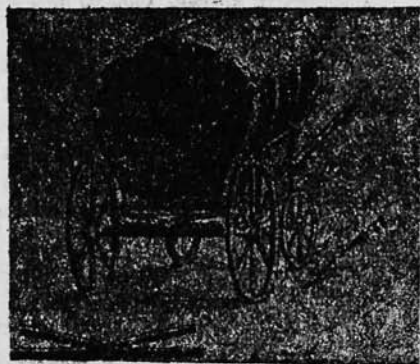


Рис. 5. Дорожная карета на железных рессорах (из Вераньо, 1905). На переднем плане рессора в увеличенном масштабе

Сухопутный транспорт еще очень примитивен. Передвижение почтовых общественных карет очень медленно. Из Парижа в Орлеан едут 2 дня, в Лион — 10 дней, в Страсбург — 11, в Лилль — 4, в Кале — 5 дней. Дорожные кареты делались вначале открытыми и лишь снабжались кожаными занавесками, которые позднее были заменены деревянными панелями. Что же касается гужевой перевозки товаров, то она производилась в двух- или четырехколесных тележках, которые тратили, например, на

переезд из Парижа в Орлеан 4 дня. Однако можно отметить довольно большой прогресс в службе почты, реорганизованной сначала при Генрихе IV и Ришелье, а затем усовершенствованной при Людовике XIV. В 1672 г. была установлена новым тарифом стоимость писем: простое письмо, посланное на расстояние менее 25 лье, стоило 2 су; на расстояние свыше 80 лье — 5 су. Циркуляция писем заметно возросла. В 1673 г. сумма откупа почт составляла 1 200 000 ливров; в 1713 г. они достигли суммы в 3 100 000 ливров. Что же касается товарных перевозок, то их организация еще очень несовершенна.

Однако все же успехи в области транспорта товаров сушей во Франции были, по сведениям Кулишера¹, весьма значительны. Изобретение в конце XVI или в начале XVII вв. «пятого колеса» — элемента, позволяющего передку телеги поворачиваться независимо от всего кузова ее — позволило постройку самых различных и сложных форм карет. Если в конце средневекового периода успевали проехать в среднем не более 5 миль в день, редко 6—7 миль, то в XVII—XVIII вв. в Англии скорость провоза не очень громоздких товаров составляла

¹ И. М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, т. II, Союзгиз, 1931, 8-е изд., стр. 332.

7—8 миль в день, а в Германии 9—10 миль при перемене лошадей. При этом, даже по сравнению с XVI в., скорость перевозки в XVII в. возросла: из Страсбурга в Аугсбург перевозка товаров продолжалась в 1590 г. 8 дней, а в 1690 г. — 5 дней; из Магдебурга в Гамбург в 1560 г. — 6 дней, сто лет спустя — 3—4 дня. Во Франции воз, запряженный пятью лошадьми, с грузом в 6 000 фунтов мог проехать 8 миль в день; при большем числе лошадей и на хороших дорогах и 9 миль. Но большинство возчиков имело всего по четыре лошади, и должно было считаться с тяжелыми дорогами, почему 7 миль считались достаточными и обычными; из Парижа в Лион расстояние в 95 миль совершали в 12—15 дней; зимой ездили и дольше. Во всех центральных пунктах появились многочисленные постоянные дворы, содержавшие лошадей; периодически раз или два в неделю двигались целые обозы — возы, запряженные четырьмя-восемью лошадьми, нагруженные 3—6 т товара.



РАЗВИТИЕ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА. УСПЕХИ ГИДРОСТАТИКИ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ И ШЛЮЗОВ

Большую роль как средства сообщения играют внутренние водные пути. Уже в XV в. шлюзы — сначала каменные, а потом в виде перемычек — стали обычным явлением в Италии XV в. и были уже «давно в употреблении» во времена Леонардо да-Винчи.

По данным Зомбарта¹, в XVI в. было издано 9 распоряжений об улучшении рек, в XVII в. — 24, в XVIII в. — 36 распоряжений. Так, например, уже в 1624 г. Темза была сделана судоходной до Оксфорда с целью «перевозки водой оксфордского постройного камня в Лондон и угля и других необходимых вещей в Оксфорд, ныне перевозимых по очень высокой цене только сухопутными путями». До конца XVII в. восемь судоходных рек были улучшены, а шесть сделаны судоходными.

Краткий обзор развития внутренних водных путей в Европе дает Бернштейн-Коган².

Не подлежит сомнению, что камерный шлюз был занесен в XVI в. во Францию, и что с этого времени здесь начались

¹ W. Sombart, Der moderne Kapitalismus, Leipzig 1919, т. II, полутом I, стр. 252.

² С. Бернштейн-Коган, Внутренний водный транспорт, вып. I, История и финансы, гл. I (отрывки), стр. 28—32.

шлюзование рек и постройка настоящих каналов. Камерные шлюзы стали известны во Франции с 1515 г. Первый канал с такими шлюзами был выстроен в 1528 г. Это так называемый Уркский канал (d'Oucq) на Марне, поблизости от Парижа.

В 1538 г. было начато шлюзование реки Вилен (Vilaine) в нынешнем департаменте Нижней Луары. План этого шлюзования, законченного лишь в 1575 г., приписывается Леонардо да-Винчи. В это же время было произведено настоящее шлюзование реки Ло (приток Гаронны), заменившее прежние примитивные сооружения. При Сюлли начат был постройкой Бриарский канал (соединяет верховья Луары с бассейном Сены) длиной в 59 км. Он был закончен лишь в 1642 г. К XVII в. относится постройка такого грандиозного для своего времени сооружения, как Южный канал, который соединяет Средиземное море с Бискайским заливом через Гаронну. Постройка этого канала, длиной 279 км, закончена при Людовике XIV в 1684 г. «Нет ничего более полезного и прибыльного для народа, чем плавание по рекам», — писал Кольбер в конце своей жизни. В эту же эпоху был закончен канал Орлеанский (1679 г.) длиной 74 км, которым дополнено было соединение Луары с Сеной через Бриарский канал, и начат постройкой канал Нейфоссе, длиной 18 км, на севере около Лилля (1682 г.). В XVIII в. построены: Луэнгский канал (Loing) (1719 г.) длиной 50 км. Сен-Кентский канал (1732 г.) длиной 98 км, который затем был соединен с Соммой (1769 г.), Центральный канал длиной 130 км (начат в 1783 г.), Бургундский канал (242 км, начат в том же году) и канал в Франшконтэ (ныне вошел в состав канала между Рейном и Роной). Кроме того, начат был постройкой канал в Ниверне (178 км). Бургундский канал соединял Сену с Роной через Сону и Ду, а канал Ниверне — верховья Луары с Ионной и, следовательно, еще раз с Сеной. Сен-Кентский канал открывал доступ от Сены через Уазу к Фландрской водной сети (через Шельду). К концу XVIII в. общее протяжение каналов во Франции составляло уже около 1000 км.

Первые опыты улучшения условий судоходства по рекам были сделаны в Германии очень рано, в начале XIV в. Можно указать за время до XVII в. еще кое-какие случаи работ по устройству водных путей (кроме Штекнишского канала, построенного между 1390 и 1398 гг., Крафольского канала, законченного в 1495 г.). Но первые значительные сооружения возникают в Германии в начале XVII столетия в пределах растущего и развивающегося Бранденбурга. Мы имеем в виду прежде всего Финовский канал, начатый в 1603 г. при Альбрехте-Ахилле и впервые связавший бассейны Одера и Эльбы (через Гавель), а затем Мюльрозский канал, построенный при «великом кур-

фюрсте», между 1662 и 1668 гг., связавший Одер и Шпрее. Всего до 1668 г. существовало 185,5 км каналов и 329,7 км шлюзных рек с общим числом шлюзов, равным 72.

В Англии необходимость в развитии путей сообщения была вызвана начавшейся во второй половине XVIII в. промышленной революцией. Вплоть до начала XVIII в. в Англии развитие внутренних водных путей шло только в направлении канализирования рек. С начала XV в. и до конца первой поло-



Рис. 6. Немецкая речная торговая флотилия. Гравюра 1505

вины XVIII в. можно указать 21 случай, когда выдавались разрешения на канализирование рек, производившееся в большинстве случаев на средства частных лиц. Наиболее значительные работы этого рода относятся к первой половине XVIII в.

Строительство каналов и шлюзов требует знания основных законов гидростатики, законов истечения жидкостей, так как необходимо уметь вычислять давление воды и скорость ее истечения. Стевин в 1598 г. занимается вопросом о давлении воды, и он уже видит, что вода может оказывать на дно сосуда давление, большее ее веса; в 1642 г. Кастелли издает специальный трактат о движении воды в каналах в зависимости от его сечения; Торичелли в 1646 г. занимается теорией истечения.

Данные о работах в этой области Галилея даёт Ольшки¹. Из школы Галилея выходит трактат Каstellи по гидравлике, возникший под непосредственным наблюдением Галилея и названный им «золотой книгой». Великие открытия Торичелли аслонили этот труд, но тем больше его историческое значение, ибо вместе с ним механика жидкостей вступила в область физических закономерностей, ради получения которых так упорно и щетно боролась эмпирическая наука двух столетий. Он — пер-

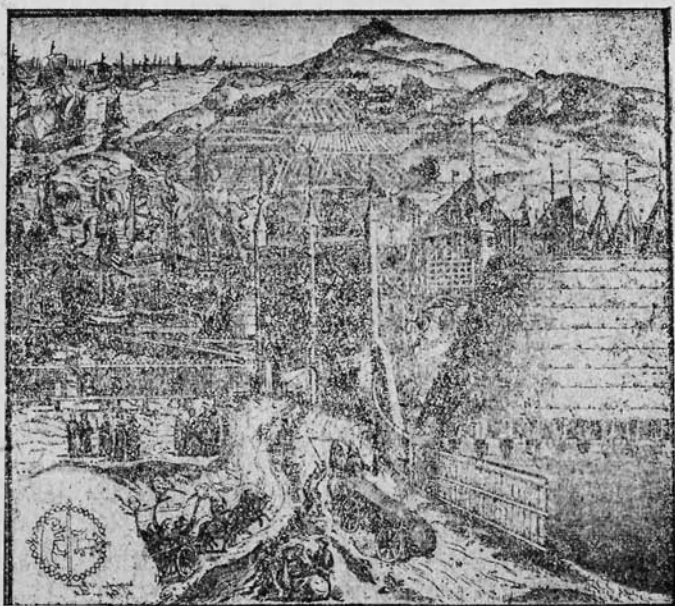


Рис. 7. Внешние городские ворота города Любека. Гравюра 1550

ое свидетельство успехов галилеева подхода к природе и документ о зависимости последнего от запросов и потребностей времени. Крупнейшая заслуга Каstellи в научной и практической гидравлике заключалась в первом применении принципа зависимости скорости движения вод в реках и каналах от их ширины и высоты. Лишь только появилась книга Каstellи, как Галилею представился случай доказать с помощью новых методов гидродинамики опромную пользу этой науки для практики и таким образом публично освятить новое направление технических за-

¹ Л. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, Галилей и его время, ГТТИ, М.—Л., 1933, стр. 216—219.

дач. В то время как он переписывался с Каstellи о ее принципах, тосканское правительство решило устроить канализацию Арно и его придока Безенцио, так как их частые разливы причиняли постоянно бедствия, и опасность заболочения обширных пространств плодородной земли становилась все более угрожающей. Это было бедствие, от которого особенно страдала Флорентинская область и о котором писали историографы города, когда причиняемый им ущерб превосходил обычную норму.

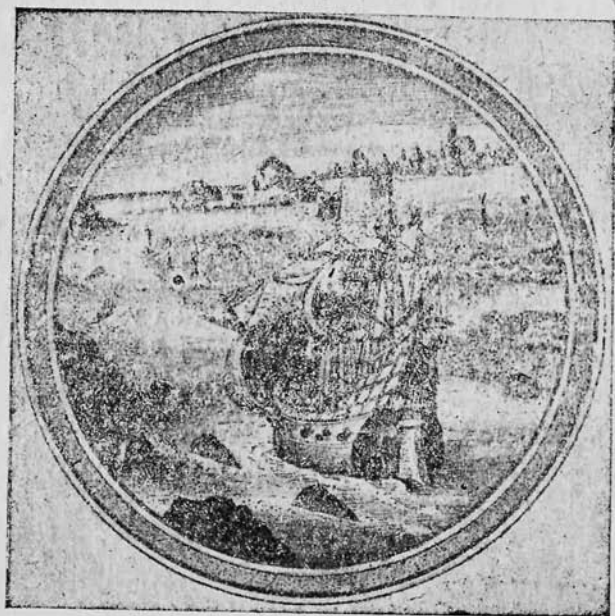


Рис. 8. Торговое судно, Гравюра 1600

Тогда как в Ломбардии уже давно приступили к регулированию течения рек, в Тоскане продолжали полагаться на бога и принимали лишь случайные, лишенные широкого кругозора, работы¹. Теперь великогерцогское правительство решило исправить дело и поручило своим инженерам составить план регулирования обеих рек. В конце 1630 г. предварительные работы подвинулись настолько далеко, что Галилею в качестве при-

¹ В то время как Леонардо да-Винчи работал еще в Ломбардии над своей системой каналов, флорентинцы решили в 1504 г. пригласить оттуда специалистов по водным сооружениям в Тоскану, чтобы, изменив устье Арно, причинить ущерб пизанцам и добиться от них покорности.
Прим. автора.

дворного математика было поручено дать отзыв о задуманном предприятии.

Подобные задачи стали, повидимому, особенно актуальными как раз в те годы. Действительно, Галилей получил запрос от одного из своих даровитейших учеников насчет регулирования течения реки Арбия в Сиенской области; генуэзский патриций Бальяни, переписывавшийся уже с Кастелли о принципах гидродинамики, обратился к Галилею с планом водоснабжения своего родного города; о принципах его механики и о возможностях применения ее к водяным сооружениям горячо и долго спорили между собой два молодых приятеля нашего исследователя — Андреа и Николо Арригетти, оба члены Флорентинской академии языков и уважаемые во Флоренции ученые и политики. Вскоре после этого Галилей дал отзыв о проекте канализации Арно, предложенном Джисмондо Коккапани, уважаемым тогда живописцем и архитектором; это был тот самый художник, который предложил множество проектов для фасада флорентинского собора, отзыв о которых Галилей должен был дать вместе с отзывами о проектах других участвовавших в конкурсе художников. А в это время болонский генерал-инспектор по водным сооружениям, Чезаре Марсили, с которым Галилей уже в течение ряда лет находился в оживленной переписке по научным вопросам и личным делам, встретил с энтузиазмом небольшое сочинение по гидродинамике и положил его в основу проекта канализации Рено. В Риме книжку эту буквально вырвали из рук Кастелли.



МОРСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ.

Ф. ЭНГЕЛЬС

ОТРЫВКИ ИЗ СТАТЬИ «ФЛОТ»¹

...Долгое время как кораблестроение, так и навигация, повидимому, не прогрессировали. В продолжение всего средневековья суда были небольших размеров, а смелый дух норманнов и фризов исчез. Теми улучшениями, которые были введены в кораблестроении, были обязаны итальянцам и португальцам, которые теперь стали самыми смелыми моряками. Португальцы открыли морской путь в Индию, два итальянца на иностранной службе,

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XI, ч. 2. ИМЭЛ, Партиздат, М., 1934, стр. 518—520.

Колумб и Кабот, были со времен норманна Лейфа первыми, переплывшими Атлантический океан. Далекие морские путешествия сделались теперь необходимостью и требовали больших кораблей. В то же время необходимость вооружить тяжелой артиллерией военные и даже торговые суда точно так же требовала увеличения размеров и тоннажа судов. Те же причины, которые вызвали появление постоянных армий на суше, вызвали к существованию постоянный военный флот на море, и толь-

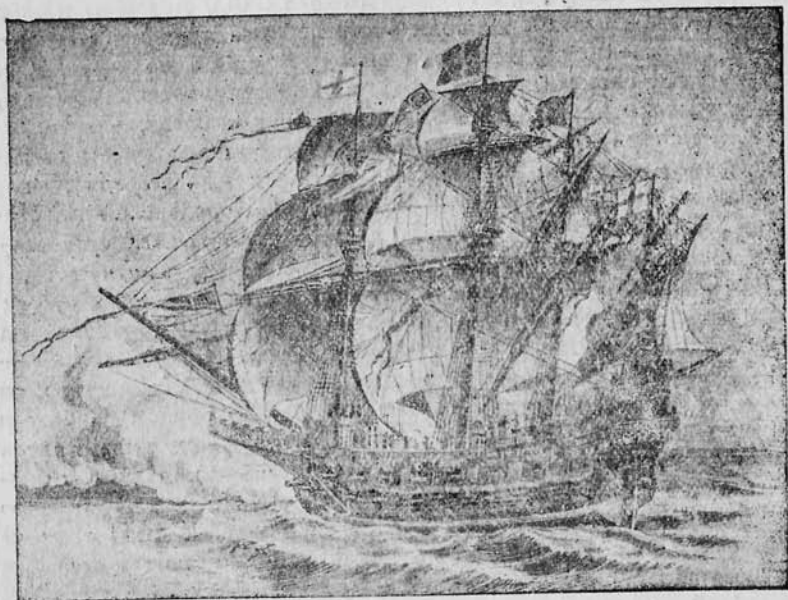


Рис. 9. „Великий Гарри“ (по картине Гольбейна)

ко с этого времени мы можем говорить о военном флоте как таковом. Эра колониальных предприятий, которая теперь открылась перед всеми морскими нациями, также свидетельствовала о необходимости постройки больших военных флотов для защиты их торговли и новых колоний. С этого времени начинается период, более богатый морскими сражениями и развитием морских вооружений, чем какой-либо из предыдущих.

Основание британского флота было положено Генрихом VII, который построил первый корабль, названный «Великий Гарри». Преемник Генриха VII создал регулярный, постоянный флот, являвшийся собственностью государства, самый большой корабль которого был назван Henry Grace de Dieu [«Генрих

милостью божьей»]. Этот корабль, величайший из всех построенных до того времени, имел 80 пушек, расположенных частью на двух обычных плоских орудийных палубах, частью на добавочных платформах, находившихся в носовой части корабля и на корме. Он был снабжен четырьмя мачтами, его тоннаж исчисляется различно — от 1 000 до 1 500 т.

Весь британский флот к моменту смерти Генриха VII состоял приблизительно из 50 парусных судов, общим водоизмерением в 12 000 тонн, с экипажем около 8 000 матросов и морской пехоты. Большие корабли этого периода являлись неуклюжими сооружениями, имевшими высокую надводную часть, т. е. снабженные высокими носовыми и кормовыми надстройками, что создавало чрезвычайный перевес верхней части.

Следующий большой корабль, о котором мы имеем сведения, это — Sovereign of the Seas [«Властитель морей»], впоследствии названный Royal Sovereign [«Королевский властелин»]. Он был построен в 1637 г. Этот корабль является первым судном, о вооружении которого мы имеем почти точный отчет. Он имел три сплошных палубы, бак, шканцы, ют и рубку; на нижней палубе он имел 30 орудий 42- и 32-фунтовых; на средней — 30 орудий 18- и 9-фунтовых; на верхней палубе — 26 легких орудий, вероятно 6- или 3-фунтовых. Кроме того, он имел 20 погонных орудий (chase guns) и 26 орудий на баке и на шканцах. Но в мирное время это вооружение уменьшалось до 100 орудий, так как полное вооружение было, видимо, слишком велико для судна. Что касается судов меньшего размера, то тут наши сведения являются крайне скудными. В 1651 г. военный флот был подразделен на шесть разрядов. Но кроме них продолжали существовать многочисленные классы внеградных кораблей, например шалупы, понтоны (hulks), а позднее — бомбардирские суда, корветы, брандеры и яхты. В 1677 г. мы находим список судов всего английского флота, по которому самый большой, перворазрядный трехпалубник имел 26—42-фунтовых пушек, 28—24-фунтовых, 28—9-фунтовых, 14—6-фунтовых и 4—3-фунтовых, а самый маленький двухпалубник (пятого разряда) имел 18—18-фунтовых, 8—6-фунтовых и 4—4-фунтовых, т. е. 30 орудий в целом. Весь флот состоял из 129 судов. В 1714 г. мы находим 198 судов, в 1727 г. — 178 и в 1744 г. — 128.

Впоследствии, по мере того как увеличивается число судов, увеличивается также и размер их, а тяжесть вооружения увеличивается вместе с тоннажем.

Первый английский корабль, соответствующий нашему современному фрегату, был построен сэром Робертом Делли в конце XVI столетия. Но лишь по прошествии полных 80 лет

этот класс кораблей, сперва вошедший в употребление у южно-европейских наций, был введен в английском флоте. Особые, быстроходные качества фрегатов некоторое время плохо понимались в Англии. Британские корабли были, как общее правило, перегружены орудиями, так что их нижние порты¹ были лишь на 3 фута выше уровня воды и их нельзя было открывать в бурную погоду. Этим мореходные качества судов были также сильно ухудшены. Испанцы и французы допускали несколько больший тоннаж, чем это требовало число орудий; вследствие этого их корабли могли выдерживать орудия более тяжелого калибра и имели большее количество запасов, большую пловучесть и были более быстроходными.



Ощутительный поворот в судостроении совершился в Англии при короле Якове I². При нем особая комиссия выработала разные полезные правила для построения и оснастки судов. Первый фрегат построен был Петтом (1646 г.); он был длиной 85 футов и носил 32 пушки. Англичане превозносили это судно за его легкость и быстроту. Тот же Петт построил первый 100-пушечный корабль, впрочем неудачно. Сэру Вальтеру Ралейгу (1650 г.) корабельная архитектура обязана первым своим появлением. Купеческое судостроение, идя в параллель с военным, было настолько удовлетворительно, что англичане могли на случай войны взять из купеческого флота до 400 судов и обратить их на военные потребности. Первые приложения математических вычислений к корабельной архитектуре сделаны были Дином (1666 г.), принявшим при вычислении водоизмещения закон, что вес плавающего тела равняется весу вытесняемой им воды. Он строил суда, способные помещать провизии и запасов на 6 месяцев и, следовательно, совершать продолжительные плавания, которые до этого времени ограничивались летними кампаниями продолжительностью в 3, не более 4 месяцев.

Значительный толчок к исследованиям в области гидростатики дают проблемы, возникающие при постройке морских военных судов. Это ярко выражено в следующем отрывке из «Начал гидростатики» Стевина³.

¹ Отверстия в бортах, открываемые для стрельбы из орудий, но обычно закрытые. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

² Данные взяты из книги Боголюбова, История корабля.

³ «Начала гидростатики»; Архимед, Стевин, Галилей, Паскаль. *Стевин, О плавающих телах, вершина коих нагружена, стр. 127.*

«Когда было предложено устраивать на небольших судах платформы, возвышающиеся приблизительно на 20 футов, чтобы помещать на них солдат, то возникло сомнение, выдержит ли вершина плавающего тела эту напрузку и не опрокинется ли судно, так что находящиеся наверху люди попадают в воду. Чтобы выяснить это обстоятельство, над одним из судов было проделано испытание. Это дало мне повод исследовать, шельзя ли, прежде чем переходить к экспериментам в большом масштабе, осветить вопрос путем математических исчислений, касаю-

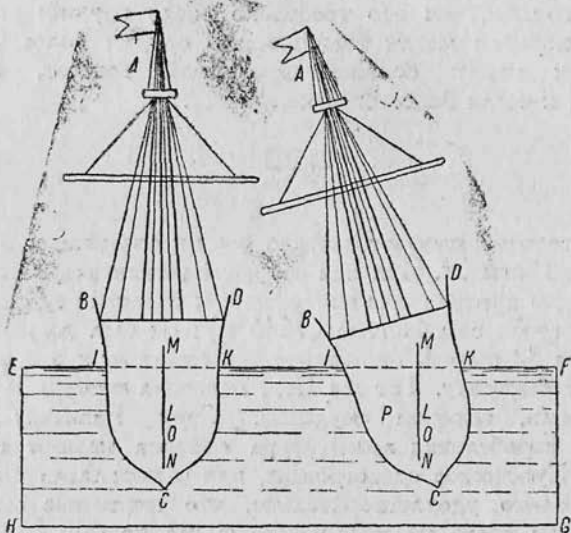


Рис. 10

щихся формы и веса, и отсюда уже подходить к практическим решениям. В этих целях мы помещаем ниже теорему, относящуюся лишь к судам и вообще телам, вершина которых нагружена и которые плавают в воде; если же тела находятся на суше, то указанная теорема на них не распространяется, и они пребывают в равновесии, если основание перпендикуляра, опущенного из центра тяжести их на плоскость основания, лежит внутри периметра последнего».

ЗНАЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТЫ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ МОРСКИХ СНОШЕНИЙ

Вопрос определения долготы в открытом море — один из основных вопросов, решающих судьбу мореплавания. Брюстер приводит историю развития этой проблемы, которая сыграла огромную роль в стимулировании развития небесной механики¹.

«Вопрос об определении долготы в открытом море, разрешению которого в такой большой мере способствовали открытия Ньютона, начал в это время привлекать внимание английских математиков. Однако этот вопрос был поставлен перед членами Королевского общества еще раньше и притом при очень странных обстоятельствах. В конце 1674 г. сэр де-Сент-Пьер, французский шарлатан, которому покровительствовала герцогиня Портсмутская, добился от короля назначения комиссии для рассмотрения проекта определения долготы. В эту комиссию в числе других входили лорд Брункер, доктор Уорд, сэр Кристофер Рен, сэр Джонас Мур и доктор Гук. В феврале 1675 г. Флемстид, гостивший в это время у Джонаса Мура и явившийся с ним на заседание комиссии, был также включен в число членов. С его помощью невежество и самомнение француза были вскоре изобличены, что хотя и было неприятно его высоким покровителям, но принесло большую пользу астрономии. Флемстид написал два письма, адресованные — одно членам комиссии, а другое Сент-Пьеру, в которых он излагает свою точку зрения и следующим образом описывает основание Гринвичской обсерватории: «После этого я больше не слышал о французе, но мне передавали, что когда мои письма были показаны королю Карлу (II), последний, пораженный утверждением, что положения неподвижных звезд в каталоге Тихо Браге неправильны, сказал с некоторой горячностью, что они должны быть снова рассмотрены и исправлены для пользы его мореплавателей, и затем (после того, как ему была указана необходимость постоянных наблюдений для исправления расчетов движения луны и планет), он заявил с той же серьезностью, что «это должно быть сделано». После же того, как его спросили, кто может или должен будет заняться этим, он ответил: «Лицо, которое сообщает вам об этом». Таким образом я был назначен на этот пост». В приказе короля для уплаты жалования Флемстиду «астрономический наблюдатель», как он называется, должен

¹ Sir D. Brewster, *Memoirs of the life, writings, and discoveries of sir Isaac Newton*, Edinburg, London 1855, ч. I, стр. 257—263.

«отныне приступить со всевозможной тщательностью и прилежанием к исправлению таблиц движения небесного свода и положений неподвижных звезд с целью нахождения столь желаемой долготы различных мест для усовершенствования искусства мореплавания»¹.

Однако, повидимому, ничего дальнейшего не было предпринято в этом важном вопросе до 25 мая 1714 г., когда несколько командиров королевского флота, лондонских купцов и капитанов коммерческих кораблей представили в парламент петицию, в которой заявляют, что «определение долготы имеет настолько большую важность для Великобритании, безопасности флота, торговых кораблей, а также развития торговли, что из-за невозможности определения таковой многие корабли были задержаны в пути и многие погибли, но если обществом будет обещана достаточная поддержка для тех, кто откроет таковую, то найдутся лица, могущие доказать свое открытие перед соответствующим судьями для их полного удовлетворения, безопасности человеческих жизней, флота ее величества, роста торговли и судоходства этих островов и вящней славы британской нации». Для рассмотрения этой прозорливой петиции, сыгравшей важную роль в развитии астрономии², была назначена большая комиссия, доклад которой был представлен в Палату общин 7 июня и рассмотрен 11 июня. Ниже мы приводим доклад и резолюцию комиссии, которая, как мы увидим, явилась важным событием в жизни Ньютона.

«Мистер Диттон и мистер Уистон, будучи спрошены, сообщили комиссии, что ими сделано открытие долготы и что они уверены, что последнее правильно в теории, и не сомневаются, что, будучи испробовано, оно окажется действительным и применимым на море.

Что они сообщили всю историю своего открытия сэру Исааку Ньютону, доктору Кларку, мистеру Галлею и мистеру Котсу, которые, повидимому, согласились с правильностью теории, но выразили сомнение относительно трудностей, могущих возникнуть на практике».

Ньютоном, присутствовавший на заседаниях комиссии, заявил: «Что для определения долготы на море было предложено несколько проектов, правильных в теории, но применение которых встречает затруднения.

1. Один основан на применении часов, точно показывающих время; однако еще не удалось сделать часов, показывающих верное время в условиях движения корабля, переходов от тепла

¹ Бейли, Флемстид, стр. 37 и 38. Прим. автора.

² См. Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 351. Прим. автора.

к холоду, от сухости к влажности и различия тяготения под различными широтами.

2. Второй состоит в определении долготы по затмению спутников Юпитера: однако по причине длины необходимых для этого телескопов и движения корабля в море таковые наблюдения в настоящее время еще не могут быть произведены в открытом море.

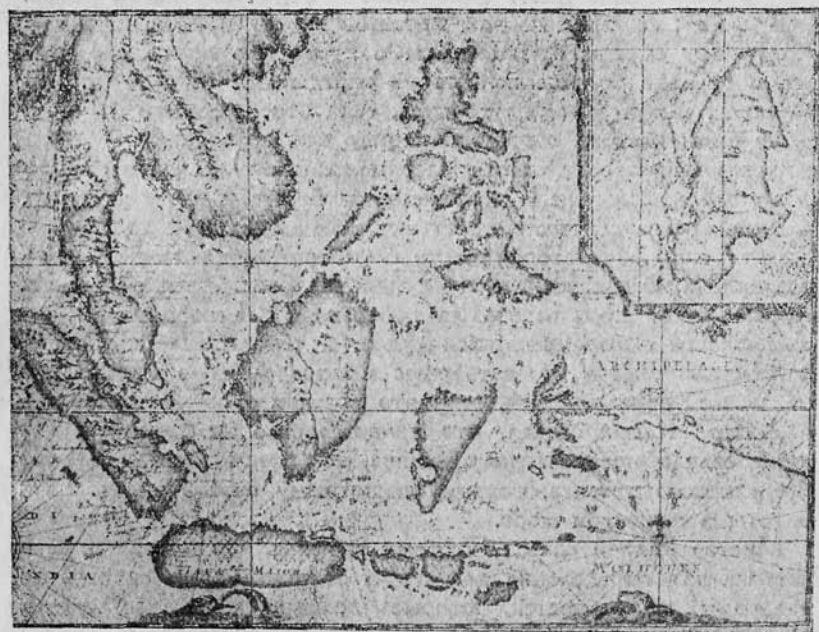


Рис. 11. Карта Молуккских островов из книги «Сборник путешествий, послуживших к организации и развитию Ост-индской компании...» 1705

3. Третий основан на определении положения луны, но теория последней пока еще недостаточно изучена для этой цели. Она достаточна для определения положения с точностью до двух или трех градусов, но не до одного градуса.

4. Четвертым является проект мистера Диттона; последний сводится скорее к ведению записей долготы в открытом море, чем к определению последней в случае утери, что может легко случиться в туманную погоду. Насколько это возможно и каковы потребные на это затраты, могут лучше судить люди, опытные в морском деле. Пользуясь этим методом, при прохождении очень больших глубин необходимо держать курс прямо на восток или запад, не изменяя широты; если же их путь по этим

очень глубоким местам не лежит прямо на восток или запад, нужно раньше определить широту места, находящегося дальше того, куда направляются, а затем оттуда держать курс на восток или запад, пока не приплывут в нужное место.

В первых трех проектах надо иметь часы, регулируемые пружиной и сверяемые каждый раз, когда есть возможность видеть восход или закат солнца для того, чтобы знать часы дня или ночи. В четвертом проекте такие часы не надобны. В первом проекте необходимо иметь двое часов — эти и описанные выше.

В любом из трех первых проектов может принести некоторую пользу определение долготы с точностью до одного градуса и гораздо больше пользы — определение ее с точностью до сорока минут или полуградуса, если это возможно, и успех может быть достоин соответствующего вознаграждения.

Четвертый проект скорее дает мореплавателям возможность определить расстояние и положение от берега, находящегося на расстоянии сорока, шестидесяти или восьмидесяти миль, чем пересекать моря. Некоторая часть вознаграждения может быть присуждена, когда первое (определение расстояния от берега. *Перев.*) будет произведено на побережьи Великобритании для безопасности возвращающихся судов, а остальная — когда мореплаватели смогут держать курс в определенную отдаленную гавань, не теряя долготы, если это возможно осуществить».

Доктор Кларк сказал, что правительство не вызовет нареканий, если обещает награду вообще, независимо от какого-либо определенного проекта, всякому нашедшему способ определения долготы в открытом море.

Мистер Галлей сказал, что ему кажется, что метод мистера Диттона для определения долготы в открытом море состоит из отдельных подробностей, которые должны быть проверены, прежде чем он сможет высказать свое мнение по этому вопросу, и что эти опыты должны обойтись довольно дорого; какова же должна быть сумма расходов, он сказать не может.

Мистер Уистон утверждал, что бесспорная польза, которую это принесет стране и прибрежной полосе, с лихвой окупит расходы на опыты.

Мистер Котс сказал, что проект теоретически правилен вблизи берегов и что практическая часть должна быть подвергнута испытанию.

И в общем комиссия пришла к следующему решению: согласно мнению настоящей комиссии, парламент должен присудить награду всякому лицу или лицам, нашедшим более точный и удобный метод определения долготы, чем любой, применяемый в настоящее время, и что эта награда должна соответствовать степени точности, достигнутой означенным методом.

Эта резолюция была единогласно принята Палатой¹...

Этот важный закон, который, согласно предсказанию британских капитанов и купцов, различными путями способствовал «высшей славе британского народа», немало содействовал также и славе Ньютона. Если бы даже показания различных экспертов, данные в парламенте, были записаны без обозначения их имен, то и тогда не надо было быть Бернулли, чтобы узнать среди них показания Ньютона. «Льва узнают по котьям». Самые выдающиеся из его преемников, обогащенные опытом полутора столетий, не могли бы более точно определить единственно правильные методы определения долготы в открытом море. Определение долготы при помощи хронометра доведено до высшего совершенства и, без сомнения, является наиболее точным и безошибочным. Метод «по положению луны» с помощью его же теории луны, усовершенствованной его преемниками, может быть признан следующим по точности за методом «часов».

Уже в 1696 г. среди членов Королевского общества распространился слух, что Ньютон занят проблемой определения долготы в открытом море, но ввиду необоснованности этого слуха Ньютон поручил Галлею довести до сведения членов, что он «не занимается этим вопросом». — Однако много времени спустя он занялся изобретением инструмента для определения долготы по положению луны и в 1700 г. сообщил доктору Галлею описание отражательного секстанта для наблюдения расстояния луны от неподвижных звезд в открытом море².

«После смерти Ньютона³ вопрос об определении долготы в открытом море стал предметом интереса широкой европейской публики. В Англии были изданы различные законы, относящиеся к этому вопросу. В 1726 г. англичанин Джон Гаррисон сконструировал часы удивительной точности, и после многочисленных опытов, в одном из которых он определил долготу с точностью до 10' 45", 10 000 фунт. стерл. — половина награды, обещанной в законе королевы Анны, — были присуждены ему. Вторая половина была обещана ему или другому лицу за такие же точно часы, сконструированные по тому же принципу. Кендаль, избранный для изготовления этих часов, справился со своей задачей настолько успешно, что после того как часы со-

¹ Одним из последствий этого закона явилось то, что Генри Гулли, англичанин, посвятил свою жизнь усовершенствованию часового механизма. Он поселился в Париже, где внес много усовершенствований в часовую механику. Его учеником был знаменитый Жюльен ле-Руа, которому, равно как его сыну, г-ну Берту, часовое дело обложено очень многим. *Прим. автора.*

² Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 239. *Прим. ред.*

³ Brewster, Life of Newton, т. II, стр. 263.

вершили с капитаном Куком кругосветное плавание в 1772 — 1775 гг., Гаррисон получил обещанные вторые 10 000 фунтов. С целью дальнейшего поощрения изобретений для определения долготы был издан в 1774 г. новый закон, обещавший награду в 5 000 фунтов за хронометр или часы, определяющие долготу с точностью до одного градуса, или 60 географических миль, 7 000 фунтов за определение долготы с точностью до двух третей градуса, или 40 миль, и 10 000 фунтов за определение ее с точностью до полуградуса, или 30 миль. Те же награды были предложены за любой другой метод, дающий такие же точные результаты, и специальная награда в 5 000 фунтов была обещана за составление солнечных или лунных таблиц, достаточно точных для определения расстояния луны или солнца и звезд с точностью до 15 секунд.

«Эти таблицы должны быть полностью основаны на принципах тяготения, установленных сэром Исааком Ньютоном, за исключением элементов, которые по необходимости должны быть взяты из астрономических наблюдений».

«На основании этого закона вдова Тобиаса Майера оплучила 3 000 фунтов за его лунные таблицы, а Эйлер — 300 фунтов за теоремы, на которых они основаны¹.

Французское бюро долгот, основанное с той же целью, что и английское, премировало Эйлера за его новые таблицы, опубликованные в 1771 г., и в течение всего XVIII в. и первой четверти XIX в. оба учреждения занимались поощрением всех научных изобретений, могущих способствовать усовершенствованию инструментов и методов определения долготы в открытом море. Французское бюро, насчитывающее среди своих членов всех наиболее выдающихся астрономов Франции, существует и продолжает свою деятельность и поныне; английское же прекратило свое существование в 1828 г., как если бы Англия перестала быть нацией мореплавателей. Это была единственная научная комиссия в королевстве, платившая жалование ученым».

Способы определения долготы, даваемые небесной механикой, например движением луны, были недостаточно удовлетворительны; поэтому все время не прекращаются исследования и изыскания более надежных способов определения долготы. В часах с маятником, изобретенных и исследованных Гюйгенсом, найдено надежное средство для определения долготы. Таким образом эта проблема имела влияние не только на развитие небесной механики, но и на развитие общих исследований по меха-

¹ Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 350—352. Прим. автора

ниже, так как трактат Гюйгенса о часах с маятником дает решение важнейших механических задач (см. ниже в теме 2).

Гюйгенс сам указывает на значение проблемы определения долготы для развития его исследований по механике¹.

Первые судовые часы, служившие для определения долготы, находились на английском торговом судне. Один шотландец-мореплаватель, плававший во главе флотилии из трех судов из Гвиней на острова св. Фомы, находящиеся приблизительно на экваторе, рассказывает, что, поставив там часы по солнцу, он затем шел 700 миль обратно и снова отклонился к берегу Африки. Проплыв в этом направлении 200—300 миль, он изменил курс и направился к о. Барбадосу. Вычисления расстояний, которые им надо было пройти, у капитанов двух других судов отличались от вычислений обладателя часов с маятником: у одного на 80 миль, у другого на 100 и у третьего — еще на больше. Сам он заключал по состоянию своих часов, что до островов Зеленого мыса остается максимум 30 миль, и оказался прав.

Голландия и Франция также производили с тех пор опыты по проверке точности определения долгот при помощи часов с маятником. Герцог Бельфорт поручил своему астроному производить наблюдения во время своей поездки на Крит. Тот определял долготу всех тех мест, где высаживались на берег, и которые проезжали, и долготы которых точно не знали, и всегда находили, что разность долгот соответствовала разности их, вычисленной по лучшей карте. Например, разность долгот между Тулонским портом и городом Кандией была определена в 1 ч. 22 м., т. е. $20^{\circ}30'$, а на обратном пути это расстояние было опять определено, и был получен тот же результат, что доказывает точность вычислений.

«...Нельзя² считать обычный маятник верным и точным мериллом времени, так как большие размахи его требуют более продолжительного времени, чем меньшие; однако я нашел, с помощью геометрии, неизвестный до сего времени способ подвеса маятника, а именно: я исследовал кривизну одной кривой, которая удивительным образом подходит для того, чтобы придать его движению желаемую равномерность.

После того как я применил этот метод подвеса к часам, ход их стал настолько равномерным и точным, что после бесчисленных испытаний на суше и на воде выяснилось, что эти часы могут с большой точностью служить астрономии и судоходству».

¹ Huygens, Die Pendeluhr (Ostwald's Klassiker) № 192, Leipzig, 1913, ч. 1. Описание часов с маятником (выборки), стр. 21—23.

² Idem, стр. 3.

Развитие торговых сношений ставит перед транспортом следующие технические проблемы:

1. Увеличение грузоподъемности судна и его скорости.
2. Улучшение плавательных свойств судна: остойчивость его, хороший ход, небольшая амплитуда при качке, хорошая управляемость и способность к лавированию, что особенно было важно для военных судов.
3. Удобные и надежные способы ориентировки в море: способ определять широту и долготу, магнитное склонение, время приливов и отливов.
4. Усовершенствование внутренней водной системы и соединение ее с морем: строительство каналов и шлюзов.

Разберем, какие физические предпосылки нужны для разрешения этих технических проблем.

1. Для увеличения грузоподъемности судна необходимо знание основных законов плавания тел в жидкости, так как для подсчетов грузоподъемности надо знать, как рассчитать водоизмещение судна. Это — проблема гидростатики.

2. Для улучшения плавательных свойств судна необходимо знать законы движения тел в жидкостях. Это есть частный вид проблемы закона движения тел в сопротивляющейся среде — одна из основных задач гидродинамики.

Проблема остойчивости судна и периода его качания есть одна из основных задач механики системы точек.

3. Проблема определения долготы сводится к наблюдению небесных светил и требует для своего разрешения наличия оптических инструментов и знания небесной карты светил и их движений. Проблема определения долготы может наиболее удобно и просто решаться при наличии хронометра. Но так как надежный хронометр изобретен только в тридцатых годах XVIII в., после работ Гюйгенса, то для определения долготы пользуются измерением расстояния луны от неподвижных звезд. Все это — задачи небесной механики.

4. Строительство каналов и шлюзов требует знания основных законов гидростатики, законов истечения жидкостей, так как необходимо уметь вычислять давление воды и скорость ее истечения.

Как видим, и проблема строительства каналов и шлюзов приводит к задачам механики (гидростатики и гидродинамики).

ВОЕННОЕ ДЕЛО И ВОЕННАЯ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТЬ

1. Из истории военного дела в XVI—XVII веках.
2. Теоретическое изучение военного дела.

ВОЕННОЕ ДЕЛО И ВОЕННАЯ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТЬ

Оформление и развитие мощных государств и их конкуренция на внешних рынках и в колониальных странах приводили к ряду серьезных военных конфликтов, особенно к морским войнам (ср. Маркс, приведенный выше отрывок из «Немецкой идеологии», стр. 33 и сл.).

Военное дело и военная техника достигают ошеломительной высоты развития и оказывают большое влияние на развитие ряда физических проблем, связанных в первую очередь с задачами баллистики.



ИЗ ИСТОРИИ ВОЕННОГО ДЕЛА В XVI—XVII вв.

ПИСЬМО МАРКСА К ЭНГЕЛЬСУ¹

25 сентября 1857 г.

История армии нагляднее, чем что-либо, подчеркивает правильность наших взглядов на связь производительных сил и общественных отношений. Вообще армия важна для экономического развития. Так, например, у древних наемная плата вполне развилась прежде всего в армии. Точно так же у римлян *peculium castrense*² является первой правовой формой, в которой признается движимая собственность за лицами, не находящимися на положении отца семейства. Точно так же органи-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XXII, ИМЭЛ, Партиздат, стр. 239 — 240.

² Частная собственность солдат в лагере. Прим. ред. Соч. М. и Э.

зован цеховой строй в корпорации *fabri*¹. Здесь же имеет впервые место и применение машин в крупном масштабе. И даже особая ценность металлов и употребление их в качестве денег основывались, повидимому, первоначально — после того как миновал приммовский каменный век — на их военном значении. В армии же впервые проводится разделение труда внутри одной профессии. Вся история буржуазных общественных формаций выражена здесь в сжатом виде с поразительной ясностью. Если



Рис. 12. Император Максимилиан у оружейных мастеров.
Современная гравюра

у тебя будет время, ты должен как-нибудь разработать данный вопрос с этой точки зрения.

Единственные пункты, по моему мнению, упущенные в твоём изложении, следующие²: 1) Первое появление в большом количестве *and at once*³ наемного войска у карфагенян (для нашей ближайшей цели я просмотрю ставшее мне лишь недавно изве-

¹ Войсковых ремесленников. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

² Маркс имеет в виду помещаемую ниже в отрывках статью Энгельса «Армия». *Прим. ред.*

³ «и сразу». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

ственным сочинение одного берлинца о карфагенском войске); 2) Развитие военного дела в Италии в пятнадцатом и начале шестнадцатого века. Именно здесь были выработаны тактические приемы. Очень забавно также описание Макиавелли в его истории Флоренции того, как дрались condottieri¹ (я спишу это для тебя). (Впрочем, если я поеду к тебе в Брайтон, я лучше привезу том Макиавелли с собою. История Флоренции, это — шедевр.) Наконец, 3) Азиатская военная система, как она впервые появляется у персов, а затем, хотя и в сильно видоизмененной форме, снова возникает у монголов, ту-рок и других.



Ф. ЭНГЕЛЬС

ОТРЫВКИ ИЗ СТАТЕЙ «АРМИЯ» И «АРТИЛЛЕРИЯ»¹

Стр. 389.

...От арабов, живших в Испании, знакомство с выработкой и употреблением пороха распространилось на Францию и на остальную Европу; сами арабы получили его от народов Дальнего Востока, которые, в свою очередь, заимствовали его от первоначальных изобретателей — китайцев. В первой половине XIV столетия пушка была впервые введена в европейских армиях; это были тяжелые, неповоротливые артиллерийские орудия, бросавшие каменные ядра и пригодные только для осадной войны. Однако скоро изобретено было мелкое огнестрельное оружие. Город Перуджия в Италии обзавелся в 1364 г. 500 шт. ручного огнестрельного оружия, ствол которых был не более 8 дюймов в длину; они затем дали толчок производству пистолетов (названных так по городу Пистойя в Тоскане). Немного спустя стали выдвигать более длинное и более тяжелое ручное огнестрельное оружие — аркебузы (arquebuses), соответствующие нашему современному мушкету: но, имея короткий и тяжелый ствол, они стреляли лишь на ограниченное расстояние, а фитильный запал служил почти непреодолимым препятствием для точного прицеливания; кроме того, они отличались и всевозможными другими недостатками. К концу XVI столетия в Западной Европе уже не существовало войск, не имевших своей артиллерии, и частей, вооруженных аркебузами. Но влияние нового оружия на общую тактику было весьма мало заметно.

¹ Вожди наемных войск. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

² К. Маркс и Ф. Энгельс, *Сочинения*, ИМЭЛ, Партиздат, т. XI, ч. 2, М., 1934.

Как крупное, так и мелкое огнестрельное оружие требовало очень много времени для заряжания, а по своей неуклюжести и дороговизне не имело никаких преимуществ перед самострелом даже около 1450 г.

Стр. 414.

В течение XV столетия были сделаны значительные усовершенствования как в конструкции, так и в применении артиллерии. Пушки стали отливать из железа, меди или бронзы. Подвижная казенная часть стала выходить из употребления, всю пушку теперь отливали целиком. Лучшие пушечные литей-

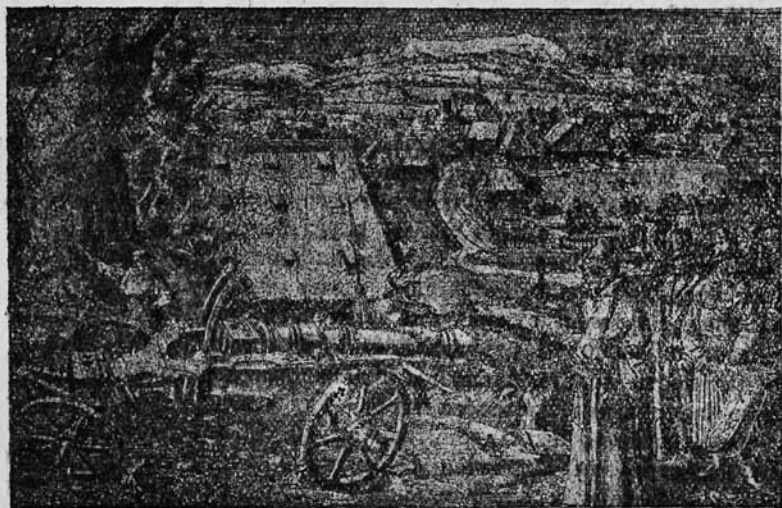


Рис. 14. Пушка, выставленная нюрнбержцами против турок, 1518.

Гравюра на меди А. Дюрера

ные заводы были во Франции и в Германии. Во Франции были сделаны также первые попытки во время осад подвозить пушки и устанавливать их под прикрытием. Около 1450 г. стали устраивать нечто вроде траншей, а вскоре после того братья Бюро соорудили первые батареи орудий с затворами; с помощью этих батарей французский король Карл VII взял обратно за один год все те города и крепости, которые захватили у него англичане. Но наиболее крупные улучшения были произведены французским королем Карлом VIII. Он окончательно отказался от подвижной задней части ствола, стал отливать свои пушки из бронзы, и притом целиком, ввел цапфы и лафеты

на колесах и стрелял только чугунными снарядами. Он упростил также калибры и обыкновенно брал в поле более легкие. Стр. 391.

Таким образом Карл VIII явился основателем полевой артиллерии. Его пушки, поставленные на колесные лафеты и перевозимые большим количеством лошадей, неизмеримо превосходили старомодную неуклюжую артиллерию итальянцев (перевозимую быками) и производили такое опустошение в густых колоннах итальянской пехоты, что Макиавелли написал свое «Искусство войны» главным образом для того, чтобы предложить строй, могущий уменьшить потери пехоты от действия на нее такой артиллерии.

Стр. 415—416.

Император Карл V не отставал от своих французских соперников в деле усовершенствования полевых пушек. Он ввел лафетные передки, превратив таким образом двухколесное орудие, на время его передвижения, в четырехколесную тележку, могущую двигаться более быстрым аллюром и преодолевать неровности почвы. Таким образом в сражении при Реми в 1554 г. эти легкие пушки могли двигаться галопом.

Первые теоретические исследования относительно пушек и полета снарядов тоже относятся к этому периоду. Говорят, что итальянец Тарталья открыл тот факт, что угол возвышения в 45° дает *in vacuo* [в безвоздушном пространстве] максимальную дальность полета. Испанцы Колладо и Уфано тоже занимались подобными исследованиями. Так были заложены теоретические основы артиллерийской науки. Около того же времени исследования Ванночи Бирингоччо об искусстве литья (1540 г.) повели к значительному прогрессу в изготовлении пушек, тогда как изобретение Гартманом калибровой шкалы, при помощи которой измерялась каждая часть пушки по ее отношению к диаметру дула, дало устойчивый образец для конструкции орудий и проложило путь для установления определенных теоретических принципов и общих эмпирических правил.

Одним из первых результатов усовершенствования артиллерии был полный переворот в искусстве фортификации. Со времени ассирийской и вавилонской монархий искусство это пошло вперед очень мало. Но теперь новое огнестрельное оружие всюду делало брешь в каменных стенах старой системы, и приходилось изобретать новую систему укреплений. Стены надо было сооружать таким образом, чтобы непосредственному огню осаждающего была открыта возможно меньшая поверхность каменных сооружений и чтобы сильная артиллерия могла

быть размещена на валу. Старая каменная стена стала заменяться земляным валом, лишь облицованным камнем, а небольшая боковая башня превратилась в большой пятиугольный бастион. Постепенно все каменные части укреплений стали прикрываться против непосредственного действия огня внешними земляными сооружениями, и в середине XVII столетия оборона крепостей опять стала относительно сильнее, чем атака, пока Вобан снова не дал преобладания последней.

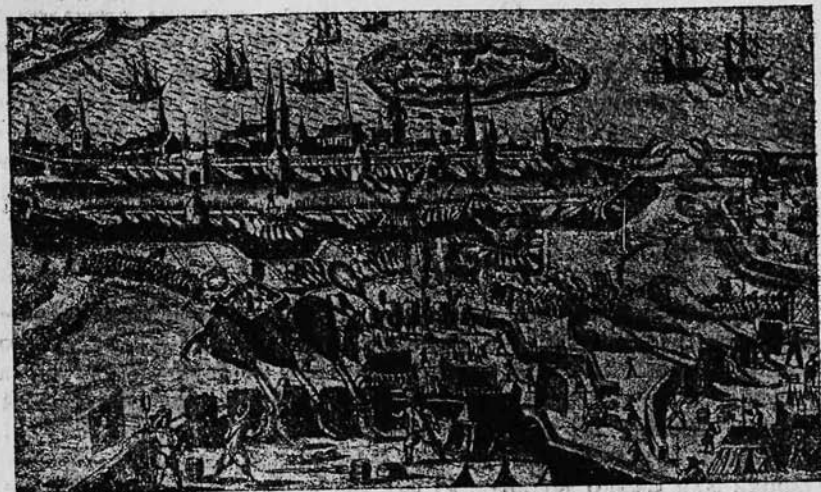


Рис. 15. Осада Штральзунда. Гравюра 1628

До этой поры операция заряжания производилась непосредственным засыпанием пороха в пушку. Около 1600 г. были введены картузы из холщевых мешков, содержащих установленные количества пороха, что значительно сократило время, необходимое для заряжания, и обеспечило большую точность огня благодаря большему однообразию зарядов. Около того же времени было сделано важное изобретение, а именно — изобретение вязанной картечи и простой картечи. Производство полых орудий, приспособленных для стрельбы полыми снарядами, тоже относится к этому периоду. Многочисленные осады, имевшие место во время войны Испании против Нидерландов, весьма сильно содействовали усовершенствованию артиллерии, употребляемой при обороне и при атаке крепостей, особенно в применении мортир и гаубиц, бомб, каркасных снарядов, каленых ядер и в деле приготовления запальных трубок и других огнестрельных приспособов.

В артиллерии стало теперь общим явлением уменьшение веса орудий, пользование патронами и картечью. Другая крупная перемена состояла во включении этого рода войск в состав армии. До той поры хотя пушки и принадлежали государству, но люди, обслуживающие их, не были собственно солдатами, а составляли род гильдии, и артиллерия признавалась не особым родом войск, а ремеслом. Ее офицеры не имели соответственного чина в армии и их считали более близкими к мастерам — портным и столярам, чем к джентльменам с офицерским патентом в кармане. Однако около этого времени артиллерия была сделана составной частью армии и подразделена на роты и батальоны; артиллерийская прислуга превращена в постоянных солдат, а офицеры получили те же чины, что в пехоте и в кавалерии. Вызванные этой реформой централизация и устойчивость личного состава артиллерии проложили путь артиллерийской науке, которая при старой системе не могла развиваться.

Стр. 418—420.

Таким образом эта часть армии была признана самостоятельным родом войск, и обучение офицеров и солдат было взято государством в свои руки. В 1690 г. во Франции была учреждена артиллерийская школа, существовавшая, по крайней мере в течение 50 лет, как единственная в мире. В 1697 г. Сен-Реми издал справочник артиллерийской науки, очень хороший для своего времени. И все же «тайна», окружавшая артиллерийское дело, была столь велика, что многие усовершенствования, принятые в других странах, были еще неизвестны во Франции, а конструкция и состав артиллерии каждой страны значительно различались друг от друга. Так, французы еще не ввели у себя таубицы, изобретенной в Голландии и до 1700 г. введенной в большинстве армий. Ящики для амуниции на лафетных передках, впервые введенные Морицем Нассауским, были неизвестны во Франции и мало где приняты. Пушка, лафет и передок были слишком тяжелы для того, чтобы перегружать их еще добавочным весом снарядов. Самые малые калибры, вплоть до 3 фунтов, были действительно упразднены, но легкая полковая артиллерия была во Франции неизвестна. Заряды, употреблявшиеся в артиллерии рассматриваемого периода, были обыкновенно очень тяжелы: первоначально они весили столько же, сколько ядро. Хотя порох был плохого качества, заряды эти производили все же гораздо более сильное действие, чем употребляемые ныне, так что это обстоятельство

было одной из главных причин страшной тяжести пушки. Для того чтобы выдержать такие заряды, вес бронзовой пушки часто в 250—400 раз превосходил вес снаряда. Однако необходимость сделать пушки более легкими заставила постепенно уменьшить заряд, и к началу XVIII столетия последний составлял обыкновенно лишь половину веса снаряда. Для мортир и гаубиц заряд регулировался в зависимости от дистанции и обычно был незначителен. Конец XVII и начало XVIII столетия были периодом, когда артиллерия в большинстве стран была окончательно введена в состав армий, лишена своего средневекового, цехового характера, признана особым родом войск и благодаря всему этому сделалась способной к нормальному и быстрому развитию. Результатом был почти немедленный и весьма заметный прогресс. Стали очевидными беспорядочность и разнообразие калибров и моделей, неопределенность всех существующих эмпирических правил, полное отсутствие прочно установленных принципов; все это терпеть далее стало невозможным. Ввиду этого всюду стали производить в широких размерах опыты, с целью выяснить действие калибров, отношение калибра к заряду, к длине и весу пушки, распределение металла в пушке, дальность выстрела, действие отдачи на лафеты и т. п. В течение 1730—1740 гг. Белидор руководил такими опытами в Ла-Фер во Франции, Робинс — в Англии и Папачино д'Антони — в Турине. Результатом явилось большое упрощение калибров, лучшее распределение металла в пушке и очень заметное уменьшение заряда, который теперь достигал от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ веса снарядов. Вровень с этими усовершенствованиями шел и прогресс научной артиллерии. Галилеем было положено начало теории параболы; его ученик Торичелли, Андерсон, Ньютон, Блондель, Бернулли, Вольф и Эйлер занимались дальнейшим изучением полета снарядов, сопротивления воздуха и причин отклонения снарядов. Вышеназванные артиллеристы-экспериментаторы тоже существенно содействовали развитию математической стороны артиллерии.



Армии. — говорит Макс Вебер¹ — становились все более и более крупными потребителями фабричных изделий по мере того, как возрастали размеры оплачиваемых войск, прогрессировала в них дисциплина и совершенствовались вооружение и

¹ Макс Вебер, История хозяйства, «Наука и школа», 1924, стр. 195.

военная техника. Для текстильной промышленности важным обстоятельством явилось введение военной формы, как орудия установления дисциплины и облегчения надзора; для железной индустрии — потребность в орудиях и снарядах; для торговли — потребность в жизненных припасах. К сухопутному войску присоединяется и флот. Увеличение размеров военных судов открыло индустрии новый рынок для сбыта. В то время как размеры торговых судов почти не изменились до самого конца XVIII столетия, составляя в среднем для приходящих в Лондон судов еще в 1750 г. всего 140 т, военные суда уже в XVI столетии достигали вместимости в 1 000 т, а в XVIII столетии это стало нормальным. Потребности армии и флота возрастали с увеличением числа и протяжения путей военных судов (а также и торговых), в особенности начиная с XVI столетия. Если до тех пор длительность пути на восток обычно равнялась году, то теперь суда оставались в плаваньи гораздо большее время. Одновременно передвижение войск на более далекие расстояния во время сухопутных походов вызывало необходимость усиленного снабжения их амуницией, провиантом и т. д. Наконец, начиная с XVII столетия, постройка судов и производство орудий идут необыкновенно ускоренным темпом.

Надо только представить себе — говорит Зомбарт в посвященном вопросу о связи между войной и капитализмом сочинении, — что обозначало для средневекового человека, который в качестве производителя был ремесленником, когда, например, в марте и апреле 1652 г. английское правительство немедленно потребовало 335 пушек, а в декабре того же года объявило, что ему нужно немедленно 1 500 железных артиллерийских орудий весом в 2 230 т за 26 фунт. стерл. тонна и, кроме того, столько же повозок, 117 000 снарядов, 5 000 ручных гранат, 12 000 баррелей пороху по 4 фунт. стерл. 10 шилл. И агенты объезжали страну, стучались в двери ко всем мастерам, выделявавшим пушки, и все же не в силах были удовлетворить внезапный и огромный спрос. Какой переворот все это должно было вызвать в старинном процессе производства мастеров-оружейников! И не их одних. Рядом с производством ружей, пистолетов, пушек и других предметов вооружения (кирас, алебард), снарядов, селитры, пороха, рядом с появлением литейных заводов для литья пушек и гранат, производства ружей, пороховых заводов, крупный спрос на эти предметы должен был повлиять на производство нужных для них материалов — металлов: железа, меди, олова, — и преобразовать процесс их переработки, в особенности превращение руды в литое и ковкое железо: армия стала крупным потребителем последнего, в сущности, единственным массовым потребителем железа. В связи с этим находится повсюду развитие гор-

ного дела с XVI в., расширение добычи железной руды, как и доменных печей — во многих странах они сооружались исключительно в Англии медных, свинцовых, оловянных рудников. Отсюда появление и новых доменных печей, — без них не могло бы обойтись литье железа, необходимое для пушек, ядер, труб. Спрос на железные пушки являлся принуждением к устройству только для литья пушек и снарядов. Отсюда и применение новых инструментов. Сверлильные и токарные станки, — говорит Бек, — получили свое первоначальное развитие в области производства артиллерийских орудий. Сверление пушек являлось той проблемой, на которой главным образом развилась сверлильная техника.

Военная¹ техника, особенно производство оружия, играла очень значительную роль. Охрана интересов и награждение изобретателей были в интересах государства. С ростом численности армий, единообразием вооружения и увеличением размера орудий эти новые производства требовали больших заводов. Массовое производство пороха началось, очевидно, в Шпандау в 1578 г. Вот таблица важнейших усовершенствований вооружения:

Железные ядра (вместо каменных)	1471 г.
Немецкий круглый затвор	1515 »
Удлиненные стволы	около 1550 »
Взрывающиеся бомбы	1588 »
Заряжающиеся с казенной части орудия	XVI век
Мушкет	до 1600 г.
Цилиндрические гранаты	1627 »
Кремневый затвор	1630—1640 »
Литье и сверление орудий	1740 »



ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЕННОГО ДЕЛА

Развитие военного дела ставило перед учеными ряд технических проблем. Галилей уделял им много внимания. Ниже приводим данные Ольшки² о работе его в этой области.

Галилей шел теми же путями (как и его учитель Риччи), пока он не отдался всецело научным проблемам, поставленным как раз теорией сооружения крепостей и огнестрельного оружия.

¹ F. Nassbaum, History of the economic foundations of moderne Europe, 1933, стр. 87.

² А. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, Галилей и его время, стр. 104.

В этом можно убедиться из изобретения им военно-геометрического циркуля, вокруг которого завязалась первая публичная полемика. Галилей выступил в ней с защитой своих прав изобретателя. Плодом его особенной технической выучки являются оба сохранившихся трактата об искусстве сооружения крепостей, в которых еще ясно чувствуется влияние, оказанное на Галилея флорентинскими методами и теориями. Мы встречаем в них, между прочим, дюреровский метод построения пятиугольника, который усвоили себе флорентинские учителя математики для практических целей и которому обучал также Остилио Риччи наряду с эвклидовским способом в своих трактатах.

Насколько¹ сильно здесь сказались особенности воспитания Галилея в молодости, показывает его намерение написать несколько книг для солдат, чтобы не только познакомить их с теорией, но и сообщить им также точные познания обо всех заслуживающих внимания, зависящих от математики вопросах, как, например, о технике рытья окопов, боевого строя, возведения укреплений, топографических съемок, артиллерийской техники, употребления различных инструментов и т. д.² Если это намерение и не получило литературного и систематического осуществления, то другие показания свидетельствуют о наличии непрерывной связи между мыслью и творчеством Галилея в зрелые годы и его первыми юношескими впечатлениями и занятиями, а также традициями художников и инженеров эпохи Возрождения. В том же году, когда Галилей обратился с предложением указанных планов к флорентинскому двору, он набросал учебную программу для вновь основанной академии, которая должна была заняться подготовкой военных. Галилей требовал «знания арифметики, геометрии и стереометрии, механических наук в их различнейших приложениях артиллерийской науки вместе с знанием причин и объяснениями многих отдельных случаев, которые могут иметь место в этой области, знания компаса и других инструментов для черчения планов, измерения расстояний, глубин и высот, далее — правил перспективы, чтобы правильно изобразить любой реальный или выдуманный предмет, как, например, укрепления и их части или всякого рода военные машины, и, наконец, знания военной архитектуры».

Галилей³ нигде не мог указать более ясно, прямо и убедительно пути своего научного развития, чем именно здесь, во

¹ Л. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, стр. 105.

² Ср. письмо к Винта (Vinta) от 7 мая 1610 г. Ed. naz, т. X, стр. 325.

Прим. авт.

³ Idem. стр. 107.

вступлении к своей последней работе¹, в которой он все время продолжает сохранять свою всегдашнюю связь между эмпирической практикой и естественно-научной теорией. Но для Галилея с самого же начала характерно при этом постоянном сочетании теоретических и практических интересов то, что теоретические вопросы получают перевес над чисто техническими. Этим научное исследование Галилея отличается от трудов его предшественников и современников, ставивших аналогичные вопросы и решавших их дилетантским и случайным образом. Проблемы максимального сбережения сил и эффективности машин, меткости выстрелов, сопротивления крепостных сооружений — это все те же вопросы, которые уже на протяжении двух веков обсуждались технической литературой. Но Галилей подошел к работе мастерских, с которой он познакомился лишь благодаря своему учителю, главным образом как к области для опытов и наблюдений, которые должны были привести, в первую очередь, к установлению теоретических основ механических искусств. Поэтому его формулировка этих вопросов принципиально отлична, и решение их отнюдь не зависит от какой бы то ни было традиции мастерских и теоретиков, хотя его внимание и было постоянно направлено на возможность практического применения теоретически и экспериментально установленных учений.

Полученное в молодости относительно поздно математическое образование оставалось и здесь исходным пунктом, поскольку оно ввело Галилея, благодаря его занятиям как чистой, так и прикладной математикой и механикой, в теоретическую литературу его времени; сомнение в правильности традиционных физических концепций сочеталось в ней с критикой чисто технического опыта. Благодаря преподаванию Риччи Галилей в состоянии был понять эту литературу, которая без знаний практических вопросов механики была бы для него во всяком случае не так легко доступна. Это подтверждается уже выбором проблем, сделавшихся темами первых работ Галилея.

В приводимом ниже отрывке из «Бесед»² Галилей говорит о том, какое значение для развития научного исследования играло производство оружия.

«САЛЬВИАТИ. Обширное поле для размышления, думается мне, дает пытливым умам постоянная деятельность вашего зна-

¹ Имеются в виду «Беседы», отрывок из которых приведен ниже.
Прим. ред.

² Галилео Галилей. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, ГТТИ, 1934. Соч. Галилео Галилея, т. I, День первый, стр. 47.

менитого арсенала, синьоры венецианцы, особенно в области, касающейся механики, потому что всякого рода инструменты и машины постоянно доставляются туда большим числом мастеров, из которых многие путем наблюдения над созданиями предшественников и размышления при изготовлении собственных изделий приобрели большие познания и остроту суждения.

САГРЕДО. Вы несколько не ошибаетесь, синьор. Я, будучи по природе любознательным, часто ради удовольствия посещаю это место, наблюдая за деятельностью тех, которых по причине их превосходства над остальными мастерами мы называем «первыми»; беседы с ними не один раз помогали мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными».

В 1607 г. Венецианская республика избрала Пиетро Дуодо на пост командующего войсками Падуи¹. Вскоре после вступления в должность Дуодо решил основать военное училище, в котором благородные падуанцы кроме обучения чисто гимнастическим приемам и фехтованию могли бы проходить курс наук, так или иначе относящихся к военному делу. Поэтому устав этого училища, которому было присвоено название «*Academia Delia*», требовал, чтобы проходилась курс «серьезных предметов, главным образом из области математики».

Только в начале 1610 г. руководители академии взялись за проведение этого предписания устава в жизнь, и в переписке, которую они вели по этому вопросу, сохранилась короткая записка Галилея; рукопись хранится в делах академии в коммунальном архиве Падуи. Записка не подписана именем автора, но почерк настолько несомненно принадлежит Галилею, что всякие сомнения о подлинности этого документа отпадают. На нем имеется приписка рукой Дуодо: «Памятка для преподавателя математики». Не выяснено только, написал ли Галилей свою записку, чтобы исполнить желание Дуодо, который хотел получить от него информацию о тех предметах математики, которые необ-

¹ Вступительная заметка редакции Национального издания Соч. Галилея к записке Галилея «Сводка познаний, необходимых для хорошего кавалериста и солдата и имеющих отношение к математическим наукам» («*Racolta di quelle cognizione che a perfetto cavaliere e soldato si richieggono le quali hanno dependenza dalle scienze matematiche*»). Galileo Galilei, *Le Opere*, Edizione Nazionale Firenze, 1891, т. II, стр. 605, перевод с итальянского сделан по этому изданию.

ходимо знать военному, или же он последовал предложению представить программу преподавания, по которой он вел бы обучение, если бы был избран на должность преподавателя.



Развитие военного дела ставит следующие технические проблемы:

Внутренняя баллистика

1. Изучение процессов, происходящих в оружии при стрельбе, и усовершенствование их.
2. Прочность оружия при наименьшем весе.
3. Приспособления для удобной и хорошей наводки.

Внешняя баллистика

1. Траектория снаряда в пустоте.
2. Траектория снаряда в воздухе.
3. Зависимость сопротивления воздуха от скорости полета снаряда.
4. Отклонение снаряда от траектории.

Физические основы этих технических проблем:

1. Изучение процессов, происходящих в оружии, требует исследования процесса сжатия и расширения газов — в основном задача механическая, как и изучение явления отдачи (закон действия и противодействия).

2. Прочность оружия ставит проблему изучения сопротивления материалов и испытания их прочности. Эта проблема, имеющая большое значение и для строительного искусства на данной ступени развития, решается чисто механическими средствами.

3. Проблема траектории снаряда в пустоте сводится к решению задачи о свободном падении тел под влиянием силы тяжести и о сложении поступательного движения со свободным падением.

4. Полет снаряда в воздухе есть частный вид проблемы движения тел в сопротивляющейся среде и зависимости сопротивления от скорости движения.

5. Отклонение снаряда от вычисленной траектории может происходить вследствие изменения начальной скорости снаряда, изменения плотности воздуха, влияния вращения земли. Все это — чисто механические проблемы.

6. Таблицы для наводки могут быть правильно составлены, если разрешена проблема внешней баллистики и дана общая теория траектории снаряда в сопротивляющейся среде.

Таким образом мы видим, что если оставить в стороне процесс самого производства орудия и снаряда, который представляет задачу металлургии, то основные проблемы, которые ставятся артиллерией того периода, суть проблемы механики.



РАЗВИТИЕ ГОРНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В XVI—XVII вв.

ВЛИЯНИЕ ЭТОГО РАЗВИТИЯ НА ПОСТАНОВКУ НАУЧНЫХ ПРОБЛЕМ

Горная промышленность уже к концу средних веков (XIV—XV вв.) развивается в крупную промышленность. Развитие денежного обращения вызвало рост добычи золота и серебра. Если «открытие Америки было вызвано голодом в золоте... потому что европейская промышленность, так могуче расширившаяся в XIV—XV вв., и соответствующая ей торговля требовали больше орудий обмена»¹, то, с другой стороны, потребность в золоте заставила обратить особое внимание на эксплуатацию шахт и золотых и серебряных рудников.

Мощно развивающаяся военная промышленность, сделавшая гигантские шаги со времени изобретения огнестрельного оружия и введения тяжелой артиллерии, в сильной степени стимулировала добычу железа и меди. Уже в 1350 г. огнестрельное оружие становится обычным для армий стран восточной, южной и центральной Европы. В XV в. тяжелая артиллерия достигает довольно высокого совершенства. В XVI и XVII вв. военная промышленность предъявляет громадные требования к металлургической промышленности. Только в марте и апреле 1652 г. Кромвель потребовал 335 пушек, а в декабре еще 1 500 орудий весом в 2 230 т и, кроме того, 117 000 снарядов и 5 000 ружейных бомб.

Понятно поэтому, что проблема наиболее эффективной эксплуатации шахт и рудников выдвигается на первый план. Прежде всего ставится проблема глубокой добычи. Но чем более углубляются шахты, тем труднее и опаснее становится работа в них. Необходим целый ряд приспособлений для откачки воды

¹ См. выше письмо Энгельса Конраду Шмидту. *Прим. ред.*

вентиляции шахт, подъема руды на поверхность. Кроме того, надо уметь правильно прокладывать шахты и ориентироваться в них.

Уже в начале XVI в. горное дело достигает большого развития. Агрикола оставил подробную энциклопедию горного дела, из которой можно видеть, как много технических приспособлений применялось в горном деле. Для подъема руды и воды устраиваются насосы и подъемные сооружения (вороты, горизонтальные винты). Уже в XVI в. горный промысел представляет собой сложный организм, требующий больших знаний для организации и управления. Поэтому горная промышленность сразу развивается как крупная промышленность, свободная от цехового строя и поэтому лишенная цеховой косности. Она технически наиболее прогрессивна и порождает наиболее революционные элементы рабочего класса средневековья — горнорабочих. Прокладка штолен требует больших знаний в геометрии и тригонометрии. Уже в XV в. ученые-инженеры работают в рудниках.



В «Сарепте» — собрании проповедей, произнесенных пастором Матезиусом, проповедником в Иоахимстале, между 1553—1562 гг. — приводится в чрезвычайно живой и сжатой форме описание всех применяющихся в горном деле приспособлений. Вот в каких словах говорит он о компасе: «Это — прекрасные инструменты, достойные похвалы и благодарности. Ибо они ведут не только путешественников на суше и мореплавателей в открытом море, но и вам, горнорабочим, находящимся под землей, они указывают, в какую сторону ведут ходы и куда вы должны идти». Отсюда мы можем заключить, что шахты уже чрезвычайно сложны. В ответвлениях и ходах легко запутаться. Инженерам компас также необходим при проведении вентиляции новых ходов, определении границ рудников и т. д. «Особенно же необходим он в благородном искусстве маркшейдера, без которого в горном деле нельзя обойтись, желая работать с выгодой для хозяина рудника, желая правильно задать направление выработок для их соединения, задержать приток воды, направить струю воздуха по выработкам, предохранить себя от вторжения в смежные рудники и т. п. Маркшейдерские ученики должны прилежно изучать эвклидову и основную геометрию, должны научиться приемам измерения, изучить устройство применяемых при этом приборов, и только мастера своего дела могут понимать толк в триангуляции и пропорциях».

Матезиус восхищается инженерами — их еще очень мало и труд их расценивается чрезвычайно высоко. Он находит, что должно «хвалить труд и работу искусников и предпочитать таких чудодеев, обладающих истиной, другим горным техникам, которые могут лишь восстановить старую шахту. Ведь князья и господа тоже умеют ценить таких искусных людей, которых бог и природа предпочли другим. Император Максимилиан очень хорошо обходился со своими искусниками. Ибо, когда человек, оборудовавший промысел в Инсбруке, устроивший в Куттенберге водоотливные машины и осушивший большое озеро при помощи машин, вроде сифонов, встретил со стороны некоторых дурное обращение и стал жаловаться императору, то благочестивый император сказал: «Эти люди не умеют обходиться с умными людьми».

«Но так как в наше время, слава богу, маркшейдерское и другие свободные искусства изучаются наряду с евангелием в школах, и уже многие люди знают их пользу, а равно и как пользоваться для измерения земли квадрангуляцией и триангуляцией, то владельцы горных промыслов и горнопромышленные города должны содействовать и помогать умным головам, способным и склонным к этому, любящим математику и искусства, чтобы они основательно могли изучить маркшейдерское искусство и изобретали полезные и прочные машины, чтобы за недорогую цену можно было постоянно извлекать воду и руду».

Свободный от цеховых традиций и ограничений горный промысел развивается как крупная промышленность. Он технически наиболее прогрессивен. Сильно развито машинное производство. Вот что говорит Матезиус: «Труд горнорабочего очень тяжел, и многие так надрываются, двигая тяжелые ворота,

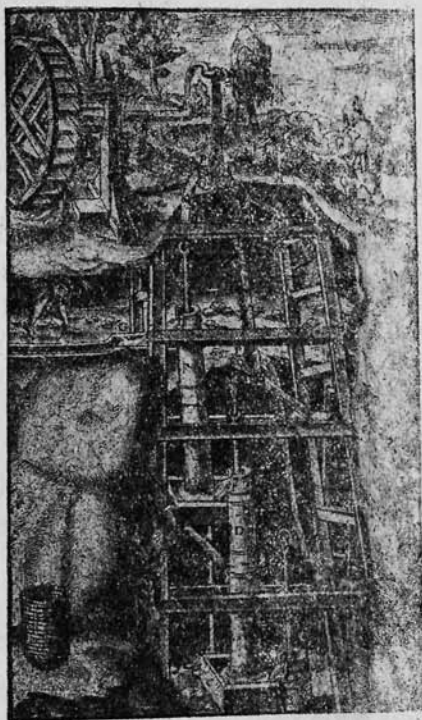


Рис. 16. Откачка воды из шахт (из книги Агриколы «О горном деле» 1557)

извлекая руду и воду, что у них кровь идет горлом; многие даже платятся жизнью, потому что им приходится стоять целый день наги, выкачивая воду и выполняя обязательный урок. Милость и дар божий, что он помощью полезных сооружений и инструментов облегчает тяжелый труд в поте лица, наложенный на

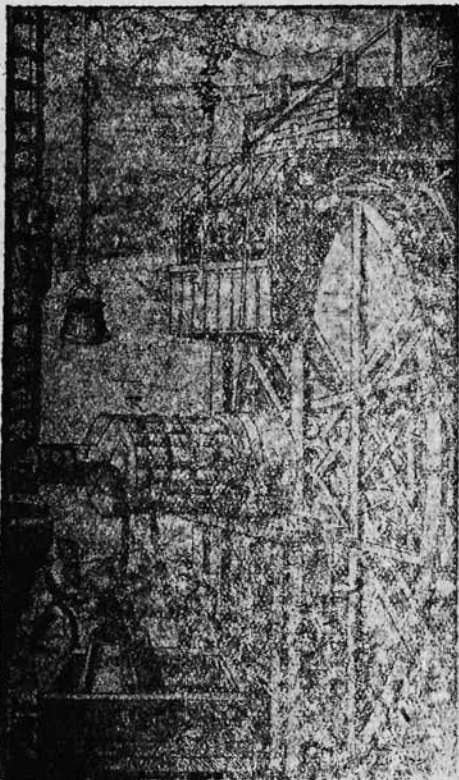


Рис. 17. Водоподъемная машина с наливным колесом
(из книги Агриколы «О горном деле» 1557)

человеческий род за пре-
хи; что он вместо людей
запрягает лошадей и при
помощи прекрасных со-
оружений, посредством
воды, ветра и огня под-
нимает из величайших
глубин воду и руду,
чтобы уменьшить затра-
ты и быстрее извлечь
скрытые сокровища на-
верх».

«Истинное благоден-
ствие, за которое следует
благодарить бога и лю-
дей, что животные и
стихии также несут свою
службу и что многие ум-
ные головы с пользой
служат горному делу
своими изобретениями.
Не сладок хлеб, кото-
рый приходится добы-
вать, стоя целый день
над воротом и делая
много кругов за один
пфенниг, терпя постоян-
ные удары и толчки во-
рота и рукояток. Когда
вдвоем приходится вы-
таскивать в одну смену
много ушатов воды, причем каждый ушат содержит почти целое
ведро,— это тоже нелегкая работа, высасывающая мозг из кост-
тей, сокращающая жизнь. Но бог дал искусников, придумав-
ших хорошую помощь, приделавших к вороту рукоятки и
устроивших подъемные колеса, чтобы облегчить труд и сделать
его производительнее. Устроили также подъемные колеса со шки-
вами (Scheiben) и рукоятками (Schelbenpulsen), ступенчатые
колеса, чтобы не только руки и плечи, но также ноги и все тело
участвовали в подъеме руды и воды,— а это также достойно

благодарности. Вертикальный ворот также прекрасная вещь, ибо при его помощи вода и руда поднимаются наверх лошадыми, причем в одну смену можно вывезти больше, чем в двадцать ручными воротами. Также удобно применение конного привода для тормоза (Bremsscheibe). Будет также удобно и выгодно для вас, если вы подвесите в копиях валы (Welle) и переключины (Stempel), чтобы иметь шпиди (Brustwinden), блоки (Kloben) и Windstangen. У горцев есть также мехи (Bulgen; Utres — у Агриколы), кожаные мешки, в которых они зимой привозят руду с высоких гор к домам, и тележки, на которых пустые мешки отвозятся обратно в горы».

«Широкая и хорошо устроенная штольня с желобом для воды представляет собой прекраснейшее водоотливное сооружение в руднике, ибо через нее выходят вода и дурной воздух и производится доставка руды в бадьях и тележках. За это наши горнорабочие должны благодарить бога и охотно, быстро и неуклонно давать свою подать — четвертый и девятый пфенниг. Но там, где нельзя устроить штольню, последняя с большой пользой для дела заменяется особым водоотливным сооружением, поднимающим воду в бадьях посредством конного ворота и особых колес, приводимых в движение ветром или самой же водой. На поверхности вода, текущая в оврагах, поднимается сама собой за счет собственной работы и проводится в замки и гористые места. В руднике такие сооружения невозможны, ибо для действия их необходимо провести сверху количество воды, значительно большее того, которое поднимается на поверхность, и владелец рудника Pithi умер с горя от невозможности отвести воду. Чтобы поднять подземные воды, нужно провести в руд-

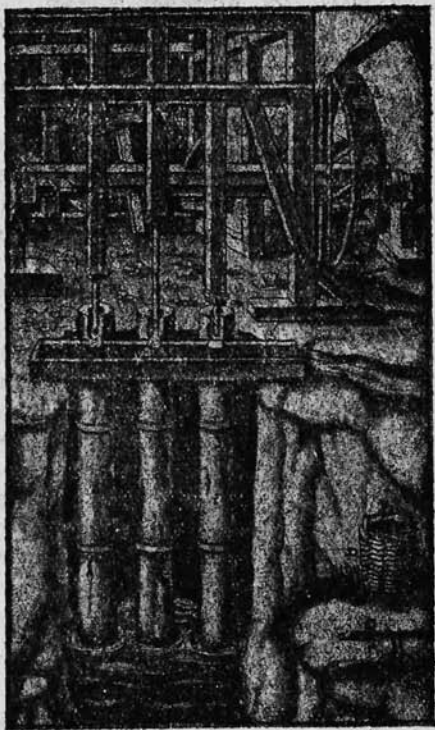


Рис. 18. Откачка воды из шахты (из книги Агриколы „О горном деле“ 1557)

и особым колес, приводимых в движение ветром или самой же водой. На поверхности вода, текущая в оврагах, поднимается сама собой за счет собственной работы и проводится в замки и гористые места. В руднике такие сооружения невозможны, ибо для действия их необходимо провести сверху количество воды, значительно большее того, которое поднимается на поверхность, и владелец рудника Pithi умер с горя от невозможности отвести воду. Чтобы поднять подземные воды, нужно провести в руд-

ник воду сверху, как это сделано в рудниках Pithi, где богатый владелец умер с горя. Но ученые и инженеры придумали многие полезные водоотливные сооружения, особенно насосы, при помощи которых появившуюся в руднике воду откачивают ручной силой, конными, ветряными и другими двигателями».

«Вы, горнорабочие, должны в своих песнях петь славу тому хорошему человеку, который теперь устраивает подъем руды и воды при помощи ветра. Говорят, что теперь вода выкачивается уже при помощи огня...»

«Наконец, раз уж я заговорил о разных сооружениях, мне как священнику на горном промысле следует возблагодарить бога за прекрасные приспособления, дающие возможность проводить в штольни свежий воздух и выгонять из них испорченный. Делается это при помощи воздухопроводных труб (у Агриколы, по-латыни — *canalis longus*), воздуховуных машин и вееров. Ведь нетрудно устроить над штольней трубу из досок, замазать щели в ней глиной, чтобы чистый воздух мог проникнуть в рудник, а испорченный уйти из него по воздухоочистительному каналу; особенно там, где испорченный воздух выдувается мехами, он быстро замещается чистым, ибо природа не терпит, чтобы какое-либо место оставалось пустым и незанятым».

«Говорят, что в Куттенберге дурной воздух отводится через большие трубы, похожие на дымовые, особенно когда разводят огонь; таким образом чистый воздух проводится в шахты на глубину пятисот лахтеров и еще глубже; у нас, в Иохимстале, недавно устроены такие же сооружения, и тоже при помощи воздуховуных машин проводят чистый воздух на глубину нескольких сотен лахтеров, и пришлось даже с большими затратами устроить две штольни — одну над другой».

Обработка металлов претерпевает также большие изменения. Громадным шагом вперед было изобретение способа плавки руды при помощи каменного угля. В патенте, выданном лорду Дудлей, говорится, что он «нашел тайну искусства, способ и средства для плавки железной руды в печах с мехами, применяя морской или рудниковый уголь, и превращения ее в литье или бруски того же качества, что и при применении деревянного угля».

Почти не менее значительным, хотя и в другом роде, было изобретение (1507 г.) амальгамации для выделения серебра, сделавшее вполне рентабельными американские рудники¹. Обработка железа также претерпела значительные изменения: один-

¹ F. Nussbaum, History of the economic foundations of modern Europe, стр. 86.

ковывание (первая половина XVI в.), прокатка (1615 г.), молот в 6—10 центнеров весом для изготовления якорей и пушек, машины для высверливания дула орудий—появились в XVI и XVII вв. Еще большее значение для экономической жизни этого времени имели усовершенствования в обработке драгоценных металлов, начавшиеся с плющильного валька француза Брюлье в 1552 г. и увенчавшиеся изобретением гуртичного станка (для отделки гуртиков монет), впервые примененного в Англии при Кромвеле, во Франции в 1685 г. и позволяющего точную чеканку монеты.

Развитие обмена и военной техники ставит перед горной промышленностью следующие технические проблемы:

1. Подъем руды с большой глубины.
2. Вентиляционные приспособления в шахтах.
3. Откачка воды из шахт в водоотливные сооружения — проблема насоса.
4. Переход от сыродутного способа производства, господствовавшего до XV в., к доменному производству, составной частью которого, как и вентиляции, является проблема воздуходувных сооружений.
5. Вентиляция посредством тяги воздуха и специальных воздуходувок.
6. Обработка руды и железа при помощи толчей и дельтельных машин.

Рассмотрим физические проблемы, лежащие в основе этих технических задач.

1. Подъем руды и задача сооружения подъемников сводятся к задаче расчета воротов и блоков, т. е. разновидностей так называемых простых механических машин.
2. Вентиляционные приспособления требуют тяги, т. е. сводятся к аэростатике, представляющей частную задачу статики.
3. Откачка воды из шахт и сооружение насосов, особенно насосов поршневых, требует больших исследований в области гидро- и аэростатики.

Торичелли, Герике и Паскаль занимаются проблемой поднятия жидкостей в трубах и атмосферным давлением.

4. Переход к доменному производству сразу вызывает появление больших доменных печей со служебными постройками, водяными колесами, поддувальными мехами, толчеями и тяжелыми молотами.

Конструирование воздуходувок для поддувальных мехов в доменных печах требует изучения движения воздуха и его сжатия и ставит те же физические проблемы, что вентиляция шахт.

5. Как и при прочих приспособлениях, устройство толчей и тяжелых молотов, приводимых в движение силой падающей воды (или животной силой), требует сложного расчета зубчатых колес и передаточного механизма — по существу тоже задача механики. На строительстве мельниц развиваются учение о трении и математические расчеты зубчатых передач.

Таким образом, если оставить в стороне те большие требования, которые горная и металлургическая промышленность того периода предъявляют к химии, весь комплекс физических задач не выходит из пределов механики.



ИНЖЕНЕРЫ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО В XVI—XVII ВВ
(ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ СПРАВКА СОСТАВЛЕННАЯ ПО КНИЖЕ Feldhaus. Ruhmesblätter
der Technik. 2-е изд. т., 2, стр. 15—24.

- | | | |
|------|------------------------|--|
| 1196 | Аламанус
Гвительмус | Впервые употребляется название инженер, <i>ingen-gerius</i> в <i>Annales Placentium Guelfi</i> , где Гвительмус назван инженером города Милана. Он же построил рвы и палисады Виченцы.
В следующем столетии мы находим ряд транскрипций слова «инженер» восходящих к общему корню <i>in-singere</i> (опоясывать, окружать город укреплениями). |
| 1540 | | —Есть также предположение, что название «инженер» впервые появилось в 1540 г. для обозначения конструкторов военных орудий и произошло от итальянского <i>ingegno</i> или испанского <i>ingenio</i> (машина, приспособление) |
| 1621 | | В немецком языке слово «инженер» впервые появляется в 1621 г. в письме, о котором упоминает иллюстрированная техническая рукопись « <i>Ingenieur Buch</i> » («Инженерная книга»). |
| 1685 | | Создатель Версальских фонтанов назывался <i>Maschinen-ouberneher</i> (управитель машин). |
| 1697 | | Название «Главный инженер» появляется в книге по военным дисциплинам Иоганна Себастьяна Грубера. Должность главного или обер инженера упоминается среди других военных должностей. «Он должен не только основательно знать по должности геометрию и фортификацию и быть не только хорошим теоретиком и кабинетным «инженером», но, кроме того, опытным практиком», говорит Грубер. |

		Введением огнестрельного оружия в огромной мере расширяется область работы инженеров. В этот период появляется бесчисленное множество книг, почти всегда иллюстрированных, по технике, главным образом об орудиях.
	Конрад Кайзер	Первая дошедшая до нас немецкая иллюстрированная рукопись такого рода составлена Конрадом Кайзером из Эйштета. Можно проследить школу этого инженера вплоть до 1540 г.
1422	Якопо Мариано из Сиенны	В 1422 г. Якопо Мариано из Сиенны составил иллюстрированную техническую рукопись.
1471	Мартин Мерц	В 1471 г. составил иллюстрированную техническую рукопись Мартин Мерц.
1460	Роберто Валтурно из Римини	Первая печатная книга по инженерному делу составлена Робертом Валтурно в 1460 г., напечатана в 1472. Несколько раз переиздавалась до 1555 г.
1474	Людвиг Гогенванд	Первая немецкая печатная техническая книга была издана Аугсбургским типографом Людвигом Гогенвандом. Это сделанный им перевод Вегетиуса (300 до н. э), к которому прибавлены рисунки из книги Валтурно.
		Ряд книг по инженерному делу написал Леонардо да-Винчи (1452—1519).
1549	Вануччио Бирингуччио	Впервые техника отделена от военного дела в книге Вануччио Бирингуччио. Книга в течение ста лет пользовалась большим успехом и выдержала много изданий.
1556	Георг Агрикола	В Германии большое распространение получила книга Агриколы о рудном деле.
1578	Жак Бессон	Инженер французского короля, Жак Бессон, заменивший в этой должности Леонардо да-Винчи, открывает своей книгой о машинах серию роскошных изданий по технике. Главное внимание обращается не на текст, а на рисунки и чертежи.

1595

В 1595 г. книга Бессона вышла на немецком языке.

После Бессона целый ряд инженеров издавали книги по технике и инженерному искусству. Книги эти не представляли собой систематических трудов по технике, а давали лишь случайные описания машин, аппаратов и т. д. Ниже приводится хронологический список этих книг:

1588 Рамелли	1615 Де Ко
1597 Лорини	1618 Страда
1605 Веранцио	1629 Бранка
1607 Цонка	1661 Беклер
1613 Цейзинг	и др.

В течение долгого времени, целых столетий, инженеров нанимали только тогда, когда нужно было производить какую-нибудь конкретную работу. Позднее инженеры стали государственными служащими.

1745

В 1745 г. было основано в Брауншвейге первое в Германии учебное заведение (независимое от университета), в котором обучали техническим предметам. Из этого учебного заведения развилась современная Брауншвейгская высшая техническая школа.

1776

В 1776 г. основано Фридрихом Великим техническое учебное заведение в королевском дворце. Дальнейшая судьба его неизвестна.

1779

В 1779 г. основана в Берлине строительная академия, в которой преподавали также математику, машиноведение, механику, гидравлику и техническое черчение.

**ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСНОВ-
НЫХ ПРИНЦИПОВ КЛАССИЧЕСКОЙ
МЕХАНИКИ И БОРЬБА ВОКРУГ НИХ
В XVII в.**

II
СОДЕРЖАНИЕ ВТОРОЙ ТЕМЫ

- Артур Эрих-Гасс — Античная динамика
Жозеф Луи Лагранж — Об основных принципах статики и динамики ()
А. П. Столетов — Механика Леонардо Да-Винчи
Галилео Галилей — Исследования по механике
Христиан Гюйгенс — Исследования по механике
Рене Декарт — Об общих принципах механики
Готфрид Вильгельм Лейбниц — Исследования по механике
Джон Смитон — О двух мерах движения
Исаак Ньютон — О законах движения
Фридрих Энгельс — Об основах механики
Иоганн Бернулли — О динамике Ньютона и Декарта
Рожер Иосиф Боскович — О принципах построения механики
Жан Лерон Даламбер — Об основах динамики
Альберт Эйнштейн — О механике Ньютона и ее развитии
Глезебрук — Основные этапы развития Оптики

СОДЕРЖАНИЕ ВТОРОЙ ТЕМЫ

В этом разделе дан обзор возникновения и развития основных принципов динамики, начиная с работ Галилея. Недостаток места не позволяет уделить достаточно внимания предшественникам Галилея, даже таким, как Леонардо да Винчи. Мы отказались от помещения работ Леонардо также и потому, что они не оказали влияния на развитие динамики, так как были опубликованы значительно позднее. Мы ограничиваемся речью Столетова, в которой обрисованы важнейшие стороны творчества Леонардо. Обзор античной динамики дан в статье Гааса.

Из-за недостатка места пришлось делать выбор между изложением развития принципов статики и динамики. Мы выбрали динамику не потому, что статика не представляет интереса, а потому, что с формулировкой начала возможных перемещений статика достигает достаточно законченной формы, в то время как принципы динамики имеют гораздо более сложную историю и играют несравненно более важную роль в развитии общих физических и философских воззрений и теорий.

Этот пробел в области истории принципов статики несколько восполняется замечательной главой из «Аналитической механики» Лагранжа, где в историческом аспекте дан сжатый, но непревзойденный по ясности обзор принципов статики.

Оригинальным работам творцов современной механики мы предпосылаем обзор принципов динамики Лагранжа, также заимствованный из «Аналитической механики» и являющийся прекрасным введением ко всей теме.

Особое внимание при подборе отрывков из классиков было обращено на освещение развития принципов механики.

Развитие механики в XVII в. — это не только последовательное уточнение, систематизация и оформление принципиальных ее основ, но и борьба различных направлений.

Одной из основных задач данной темы является показ этой борьбы, в процессе которой выкристаллизовывались основные принципы механики.

Борьба вокруг принципов механики происходит по двум линиям: между школою Декарта и Лейбницем, с одной стороны, и Гюйгенсом, Лейбницем и Ньютоном — с другой. Спор Лейбница с Декартом в основном ведется вокруг двух основных проблем: о материи и движении и о мерах движения. Чисто-геометрическому пониманию материи, наделенной пассивной способностью к механическому перемещению, Лейбниц противопоставляет концепцию материи как деятельной субстанции.

Взглядам Декарта, представленным здесь второй частью «Начал», противопоставляются взгляды Лейбница, которые в развернутом виде даны в его статье «О достопамятной ошибке Декарта», послужившей отправным пунктом для всего спора о двух мерах движения, в «Рассуждении о динамике» и в письме о том, «Заключается ли существо материи только в протяженности».

Спор о двух мерах движения имел не только большое принципиальное значение, но представлял для современников важный практический интерес. Статья Смитона, знаменитого усовершенствователя и исследователя паровых машин, «Об экспериментальном исследовании количества механической энергии», приводимая ниже, показывает, что даже в более позднюю эпоху проблема двух мер движения занимала не только умы теоретиков, но и техников-инженеров.

Трактовка этой проблемы Даламбером дана в предисловии к его знаменитому «Трактату о динамике», приводимому ниже.

Энгельсовскую трактовку проблемы о двух мерах движения читатель найдет в соответствующих статьях Энгельса из «Диалектики природы».

В споре Лейбница с Декартом выясняется значение массы как одной из основных категорий механики и значение закона живых сил, который получает свое полное развитие в работах Гюйгенса и Бернулли. Кроме того, Лейбниц выясняет векторный характер закона сохранения количества движения и тем самым освобождает декартовскую формулировку закона от присущих ей трудностей.

«Начала» Декарта имеют в отношении развития основ механики большое значение, так как дают дальнейшее развитие закону инерции, высказанному в довольно четкой форме Галилеем (см. «Диалоги о двух главных системах мира»), и развивают принцип относительного движения, также данный Галилеем (см. там же) и столь блестяще и систематически применяемый Гюйгенсом для решения вопроса об ударе твердых тел и о центробежной силе.

В работах Галилея содержатся в более или менее развитом виде главные принципы механики. Подбор отрывков из его

работ имеет своей целью дать представление о развитии основных принципов динамики. Поэтому «Рассуждения и математические доказательства» представлены гораздо полнее, чем знаменитые «Диалоги о двух системах мира», из которых даны только те места, где излагается галилеев принцип относительности и вводится представление о центробежной силе. О центробежной силе у Галилея было ясное представление, однако он заблуждался в оценке ее величины и полагал, что как угодно малая сила тяготения может уравновесить ее действие. Впервые правильную теорию центробежной силы дал Гюйгенс.

К сожалению, за недостатком места пришлось отказаться от астрономических работ Галилея, сыгравших немалую роль и в развитии механики; точно так же, как и при выборе работ Ньютона, мы почти отказались от его космогонических и астрономических работ. Это зато позволило с большей полнотой осветить развитие основных принципов динамики.

Работы Гюйгенса в области механики отличаются от работ Ньютона не только по характеру построения, но и по основным принципам, положенным в основу исследования.

Гюйгенс является прямым продолжателем работ Галилея. Принцип относительного движения, закон инерции, законы центробежной силы получают в его работах свое завершение.

В то время как механика Галилея есть в сущности механика материальной точки, Гюйгенс является первым пионером механики системы материальных тел (материальных точек). Именно поэтому Гюйгенс не мог удовлетвориться только теми принципами, которые были даны Галилеем, а при решении в общем виде задачи о центре колебания системы материальных тел должен был прибегнуть к новому принципу.

Этот принцип, высказанный Гюйгенсом в четвертой части «Часов с маятником», приводимой ниже в отрывках, принцип, согласно которому центр тяжести системы при свободном ее движении не может подняться выше того положения, которое он занимал при начале движения, кладется Гюйгенсом в основу всего исследования. Однако это положение не только не встретило общего признания, но подверглось сильному нападкам со стороны ньютоновцев. Poleмика эта представлена рядом писем. Повидимому, и сам Ньютон не склонен был придавать большое значение этому принципу, и в первом издании «Начал» в проблеме об истечении воды из сосуда им дан результат, противоречащий ему. На эту ошибку указал Гюйгенс (см. приводимое ниже на стр. ? письмо Гюйгенса), и она была исправлена в последующих изданиях «Начал», но отношения своего к принципу Гюйгенса Ньютон, повидимому, не изменил.

Работы Ньютона представлены большим отрывком из «Начал». В отличие от работ Гюйгенса, развившего свои принципы механики в связи с решением конкретных проблем (о движении тел при соударении, о центробежной силе, о сложном маятнике), работа Ньютона ставит своей задачей дать систему механики.

В «Началах» механика находит свое предварительное завершение. Принципы механики, развитые предшественниками Ньютона, объединены и систематизированы в «Началах». Здесь создано то направление механики, которое неразрывно связано с именем Ньютона и которое более чем двести лет являлось господствующим направлением в физике. Именно поэтому особенно интересно сопоставление концепции механики Ньютона с концепцией Лейбница и Гюйгенса, представляющих особое направление.

Несомненно, что на современников закон тяготения Ньютона и его астрономические работы произвели гораздо большее впечатление, чем его основы механики. Однако здесь нас будут занимать исключительно данные им обоснования механики.

Идеи небесной механики и в первую очередь роль, которую в ней, да и во всей механике Ньютона, играют центральные силы, оказали глубокое влияние на развитие всей физики и сказались особенно сильно в развитии электромагнетизма. Поэтому эта сторона системы Ньютона вместе с проблемой дальнего действия и ближнего действия будет развита как особая тема во второй части.

В «Началах» Ньютона, пожалуй, впервые в физике во всей широте поставлена проблема пространства и времени как физических категорий. Мы приводим поэтому соответствующие места из «Начал», оставляя подробный разбор этой проблемы до второй части, где он будет дан в связи с принципом относительности. Здесь же мы приводим высказывания Энгельса о пространстве и времени и об основных категориях механики.

Борьба физических концепций картезианства и ньютоновства идет не только по линии концепции материи, но и по вопросу о причинах тяготения и о дальнем действии и ближнем действии.

Несмотря на свою борьбу против физики Декарта, Лейбниц и Гюйгенс в вопросе о природе тяготения и о дальнем действии и ближнем действии в основном примыкают к Декарту. Лейбниц и Гюйгенс пытаются развить вихревую теорию тяготения, однако без особого успеха. (Гюйгенс посвятил этому вопросу специальное сочинение: «О причине тяжести».)

Борьба этих концепций будет представлена подробно в темах о ближнем действии и дальнем действии и в истории развития взгля-

дов на силовое поле. В этой теме мы даем только некоторые письма Лейбница к Гюйгенсу, направленные против теории тяготения и сил дальнего действия.

Дальнейшее развитие борьбы картезианской и ньютоновской школ, особенно во Франции в XVIII в., представляющее одну из интереснейших страниц в истории физики, мы также относим ко второй части. Для того чтобы дать некоторое представление об этой борьбе, мы приводим отрывки из работы И. Бернулли, в которой дано сопоставление систем Декарта и Ньютона. К сожалению, объемистые математические выкладки Бернулли, относящиеся к вычислениям орбит планет, за недостатком места пришлось опустить, ограничившись только той частью текста, которая излагает принципиальную постановку вопроса.

Наиболее крайнее направление теории дальнего действия, сочетающееся с чистым динамизмом, сводящим материю к непротяженным центрам сил, проявляется в работе Босковича, отрывки из первой части которой мы приводим.

Трудами Галилея, Декарта, Гюйгенса, Ньютона были созданы все предпосылки для аналитической трактовки механики.

Одним из первых систематических трудов по аналитической механике (после Эйлера), излагающим механику в том виде, как она в основном излагается сейчас, является знаменитый трактат Даламбера. Предисловие к этому трактату, в котором Даламбер ставит важнейшие принципиальные вопросы категорий и принципов механики, мы приводим целиком.

Для того чтобы у читателя была некоторая перспектива относительно дальнейшего развития механики, мы даем статью Эйнштейна, написанную им к ньютоновскому двухсотлетию юбилею. Эта статья дает общий аспект дальнейшего развития ньютоновской механики и теории относительности и общую оценку классической механики. Более подробно эта проблема будет освещена во второй части, в теме о теории относительности.

XVII в. является эпохой важнейших открытий и в области оптики, особенно физической оптики. Однако значение ее как физической дисциплины в эту эпоху — как по ее удельному весу, так и по влиянию на развитие других отделов физики — не может сравниться с механикой. Мы относим поэтому развитие оптики, как и учение об электричестве и магнетизме, ко второй части, в которой будет представлено общее развитие учения о свете, начиная от механических теорий его (Гюйгенс, Юнг, Ньютон, Френель) и кончая электромагнитной теорией света.

Для того чтобы дать читателю общее представление о развитии оптики, мы включаем в настоящую тему статью Глезер-брука, содержащую сжатый обзор важнейших этапов ее развития.

ОСНОВЫ АНТИЧНОЙ ДИНАМИКИ¹

ВВЕДЕНИЕ

Своеобразное промежуточное положение, которое занимала в древности физика между философией и математикой, яснее всего сказывалось в неодинаковости развития обеих ветвей механики — статики и динамики. Если статика явилась в древности плодотворнейшим полем деятельности физико-математиков, если именно применение точного метода довело ее до совершенства, заслуживающего еще и ныне нашего удивления, то динамика представляла самую благодарную почву для натурфилософских спекуляций, имевших своим предметом прежде всего сущность тяготения и силы и восходивших к самым началам натурфилософии².

Большинство мыслителей досократовской эпохи уже занимались проблемами тяжести и движения, которые и Платон пытался разрешить с новой точки зрения. Высшей точки своего развития достигло в древности учение о движении в работах Аристотеля, исследования которого — правда, не всегда успешные — охватывали почти все вопросы динамики. Из его взглядов исходят, развивая их, а часто и возражая против них, последователи позднейших философских школ. Стратон углубленно занимался изучением явления свободного падения, эпикурейцы и стоики исследовали сущность тяжести, Плутарх также развил взгляды по этому вопросу. Комментаторы Аристотеля, особенно

¹ А. Е. Haas, Die Grundlagen der antiken Dynamik. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 1908, т. I, стр. 19—47.

² Как было отмечено в обзоре первой темы, основной причиной раннего развития динамики в античном мире было не «промежуточное положение» физики, а особенности развития античной техники и роль рабского труда в античной экономике. Прим. ред.

Александр Афродисийский, Сириан и Симпликий, старались дополнить его воззрения, а часто также и подтвердить их экспериментальным путем. Среди писателей-физиков динамическими проблемами занимались особенно Гиппарх, Герон Александрийский, Клавдий Птолемей и Клеомед.

Из древних сочинений, посвященных преимущественно вопросам динамики, сохранились лишь немногие. «Физика» Аристотеля, его «Книги о небе», приписываемое ему собрание механических задач, а также принадлежащая Герону и известная нам только в арабском переводе «Механика», — вот единственные остатки античной литературы, разрабатывавшей эту область. От некоторых других сочинений динамического содержания до нас дошли, если не считать весьма кратких выдержек, только заглавия. Так, мы знаем, что Аристотель, Теофраст, Стратон и Хрисипп написали сочинения, озаглавленные: «О движении», одна из книг Стратона носила заглавие: «О легком и тяжелом», Гиппарх написал исследование о падении тяжелых тел, Клавдий Птолемей — о причинах естественного движения, а Клеомеду принадлежало сочинение о движении тяжелых тел к срединному пункту. Кроме того, динамические исследования были, конечно, рассеяны во всех тех различных сочинениях, которые трактовали о природе, о стихиях, о движении небесных сил и тому подобных вопросах.

В качестве источников для истории античной динамики, кроме немногих сохранившихся от древности и уже названных сочинений имеют особенное значение следующие: «Тимей» Платона; приписываемое Аристотелю собрание проблем перипатетической школы; дидактическая поэма Лукреция Кара «О природе вещей»; два сочинения Герона, особенно интересные для истории динамики своими введениями, а именно его «Пневматика» и сохранившаяся, к сожалению, только в латинском переводе «Катоптрика»; некоторые сочинения Плутарха из числа «Moralia», особенно исследование «О лице на лунном диске» и «Платоновские вопросы», и составленные Симпликием комментарии к «Физике» Аристотеля и к его книгам «О небе», являющиеся, благодаря содержащимся в них ценным сведениям по истории физики, наряду с биографическими и доксографическими работами Диогена Лаэртского, Аэтия и Ария Дидима, важнейшим дополнением к сохранившимся подлинным сочинениям древних физиков и натурфилософов.

1. ТЯГОТЕНИЕ

Подлинную основу античной динамики составляет, как важнейший ее принцип, различие между естественным и вынужденным движением. Если тело находится в определенном месте

пространства, то оно, как показывает наблюдение, может совершить движение по любому направлению, исходящему из данного места. Однако среди этих направлений в каждом отдельном случае есть, как учили древние, одно направление, остающееся тем же самым для не очень удаленных друг от друга мест и отличающееся от всех остальных. Это — то единственное направление, в котором возможно движение данного тела без приложения к нему силы, без усилий со стороны какого-либо живого существа, без работы какого бы то ни было приспособления. Движение в этом направлении, определяемом для каждого тела его природой, называется естественным, а всякое другое — вынужденным, или насильственным движением.

Этим различием обусловлены и представления древних о сущности тяготения, как причины естественных движений. В античной физике можно легче всего различить три самостоятельные теории тяготения, если пренебречь несущественными деталями. Первая и вторая теории принимают, что через каждую точку пространства проходит прямая, определяющая направление естественного движения для каждого находящегося в данном месте тела, независимо от его свойств. Первая теория допускает это движение по прямой в обоих направлениях из данной точки и поэтому вводит наряду с тяжестью также и легкость как естественное свойство материи. Вторая теория, в противоположность первой приписывающая тяжесть всем телам, считает движение по этой прямой естественным только тогда, когда оно происходит в одном направлении, именно «вниз», тогда как движение в противоположном направлении причисляет к вынужденным. Наконец, третья теория утверждает, что вообще нельзя указать определенного направления, исходя из чисто геометрической точки зрения и что только субстанция, из которой состоит тело, имеет решающее значение в вопросе о том, куда направлено его естественное движение. По главным представителям этих теорий их можно назвать: первую — аристотелевской, вторую — эпикуровской и третью — платоновской.

Первая из этих теорий была наиболее распространена в древности. Она основана на древнем представлении о том, что земная часть мирового целого распадается на четыре области, соответствующие четырем стихиям и принадлежащие — в последовательности снизу вверх — земле, воде, воздуху и огню. Таким образом для каждой стихии существует, согласно этой теории, «естественное», «принадлежащее ей» место, к которому она и движется по прямой, определяемой местом ее нахождения и центром земли, вниз или вверх, смотря по тому, как расположено по отношению к месту ее нахождения это ее естественное место.

С этой теорией тяжести мы встречаемся уже в древнейших натурфилософских системах. Мы находим ее уже у Анаксагора; повидимому, к ней примкнул и Гераклит. Полное развитие получила эта концепция тяготения у Аристотеля, от которого ее, с некоторыми изменениями, заимствовали стоики. Среди многих других эта теория имела в числе своих сторонников также Герона Александрийского, Клеомеда, Клавдия Птолемея, Сенеку, Плиния, Филона Александрийского и Плотина.

Центральным пунктом аристотелевской теории тяготения является различие тяжелых и легких тел, таких, которые движутся вниз, т. е. к срединному пункту, и таких, которые движутся вверх, т. е. от срединного пункта по направлению к границе подлунного мира. Тот срединный пункт, о котором говорит Аристотель, является одновременно и центром земли и центром мирового целого; лишь в качестве последнего он может быть целью направленного вниз движения. К центру же земли каждое тяжелое тело движется лишь потому, что центр земли случайно оказывается совпадающим с центром мира. Но если бы кто-нибудь, как это подчеркивает Аристотель, в противовес воззрениям Платона, передвинул землю на то место, где теперь находится луна, то его части отнюдь не двигались бы по направлению к ней, а продолжали бы двигаться туда же, где она находится теперь.

То, что движется кверху, к внешней границе, Аристотель называет принципиально легким; то, что движется книзу, к срединному пункту, — принципиально тяжелым. Следовательно, принципиально тяжело, как выражается Аристотель, то, что опускается ниже всего остального; принципиально легко то, что поднимается выше всего остального. А так как высшая область, по воззрениям Аристотеля, представляет собой местопребывание огня, а низшая — земли, то только эти две стихии и могут считаться абсолютно тяжелыми и абсолютно легкими, тогда как остальные две должны обладать одновременно обоими свойствами. Какое из них проявляется и в какой степени, это зависит от свойств окружающей среды. А именно, согласно учению Аристотеля, земля и все, что в преобладающей мере содержит землю, обладает тяжестью повсюду; вода — повсюду, за изъятием тех случаев, когда она находится в земле; воздух — повсюду, за изъятием тех случаев, когда он находится в воде или в земле; ибо, находясь в своей собственной области, все, за единственным исключением огня, имеет тяжесть, следовательно имеет ее и воздух. В качестве доказательства для последнего утверждения Аристотель приводит тот мнимый факт, что надутый, т. е. наполненный воздухом, мех весит больше, чем пустой.

От аристотелевской теории отличалось в понимании относительной тяжести учение стоиков. Они видели в тяжести и лег-

кости равноценные и равно распространенные свойства, утраченные поэту то особое положение, которое Аристотель создавал для огня, как единственного среди элементов, совершенно лишенного тяжести, и старались в своей теории восстановить нарушенную таким образом в аристотелевском учении симметрию. Поэтому они отказались от допущения средних членов ряда, являющихся то тяжелыми, то легкими, и учили просто, что из четырех стихий две — огонь и воздух — легки, а две другие — вода и земля — тяжелы. Таким образом тяжести лишен не только огонь, но и воздух, который поэту, как и огонь, постоянно устремляется в высоту. Таково было воззрение Зенона, к которому примкнули Хрисипп, Клеант и, — как и ко многим другим стоическим взглядам, — Филон Александрийский.

Выдвинутый Аристотелем вопрос, тяжелы ли или легки средние стихии в своей собственной области, также часто находил в древности иное решение, чем то, которое давал ему сам Аристотель. Так, астроном Клавдий Птолемей и новоплатоник Сириан, комментировавший сочинения Аристотеля, оспаривали его представление, что в своей собственной области легок только огонь, а три остальные стихии тяжелы, и даже Симпликий на основании собственных наблюдений пришел к выводу, отклоняющемуся от допущений Аристотеля.

Птолемей возражал против приписывания средним стихиям тяжести в их собственной области и пытался доказать правильность своего мнения тем фактом, что, ныряя, люди не ощущают тяжести расположенной над ними воды, хотя иногда и погружаются на большую глубину. То, что и воздух в собственной области лишен тяжести, Птолемей доказывал при помощи того же самого эксперимента, который Аристотель приводил в подтверждение противоположного мнения, но который, однако, по Птолемию, дает как раз обратный результат; а именно: Птолемей утверждает, что мех в надутым состоянии вовсе не становится тяжелее, как это думал Аристотель, а, наоборот, будучи наполнен воздухом, весит меньше.

Симпликий, повторивший этот опыт, как он утверждает с максимально достижимой точностью, совершенно правильно нашел, что вес одинаков в обоих случаях, из чего, по его мнению, следовало в развитие птолемеевской теории заключить, что в собственной области каждая стихия лишена как тяжести, так, равным образом, и легкости. Это явление Симпликий считает возможным проще всего объяснить тем, что тяжесть или легкость равнозначна стремлению к естественному месту, и то, что там уже находится, столь же мало нуждается в перемене места, как сытый в еде. Наконец, в отличие от перечисленных теорий, Сириан, который, впрочем, в основных воззрениях всецело при-

мыкал к Аристотелю, думал, что в собственной области вода обладает тяжестью, а воздух, напротив, легкостью.

Аристотелевская теория тяжести уже в своих основаниях имела много слабых пунктов, из которых особенно два давали удобную почву для нападения со стороны противников Аристотеля. Один из этих пунктов заключался в чуждом физическому методу представлении, что цель движения тяжелых тел — не тело, а существующее лишь в умозрении, можно сказать, чуть ли не метафизическое образование, каковым несомненно является срединный пункт мира. Особенно удобными для опровержения этой гипотезы представлялись те странные выводы, которые из нее вытекали. Так, например, Плутарх, для того чтобы абсурдностью выводов доказать неприемлемость предпосылок Аристотеля, указывает, что, согласно теории последнего, как это, впрочем, вывел и он сам из своих основных допущений, грузы в тысячи талантов весом, устремляясь вглубь земли, должны были бы при достижении срединного пункта остановиться на месте, хотя бы ничто им не противостояло и их не поддерживало, а если бы они при своем падении с разбега перешли за срединный пункт, то должны были бы даже сами по себе пойти обратно.

Лукреций также находит непонятным, почему срединный пункт должен обладать способностью удерживать на месте тела, так как повсюду пустота, будет ли то срединный пункт или нет, должна уступать всякому тяжелому телу. Равным образом и Плутарх и Лукреций указывают на трудности, с которыми связано допущение существования центра бесконечного мирового пространства.

Другая слабость аристотелевской теории заключалась в излишнем допущении абсолютно легких тел. На эту ошибку перипатетической физики указывают главным образом атомисты, которые, как и Стратон, отвергали допущение абсолютной легкости и приписывали тяжесть всем телам. Единственное естественное движение они усматривали в движении, направленном вниз, которое, однако, — по крайней мере согласно воззрениям атомистов — отнюдь не означает движения к срединному пункту вселенной, а происходит на бесконечном протяжении по вполне параллельным, нигде не сходящимся линиям. Таким образом, согласно этой теории, двигаться вверх что бы то ни было может только будучи к тому вынуждено влиянием какой-либо силы, в результате так называемого «вытеснения». Наблюдаемые иногда направленные вверх движения легких тел Стратон и атомисты пытались объяснить тем, что при падении более тяжелого менее тяжелое насильственно вытесняется им вверх. Таким образом, если бы кто-нибудь удалил землю, то наиболее низкое положение согласно этой теории, должна была бы занять вода, если

бы удалить и ее — то воздух, и если бы удалить воздух — то огонь.

Развиваемая Стратоном и атомистами теория тяжести означала, во всяком случае, большой шаг вперед в области физики, и те доводы, которые выдвигали против атомистической теории тяготения ее противники, основывались исключительно на ложных допущениях или наблюдениях. Все, что Аристотель мог выдвинуть против этого учения, в сущности сводится к тому, что этой теории противоречит устанавливаемое многими ускорение при движении огня вверх, а также наблюдаемая якобы при этом пропорциональность между величиной огня и его скоростью.

Своеобразное промежуточное положение между последней упомянутой теорией и аристотелевской занимает теория тяготения, восходящая к Платону. Если, отвергая допущение абсолютной легкости, она соприкасается с теорией Стратона и атомистов, то, с другой стороны, она проявляет сходные черты с аристотелевской теорией, усиленно выдвигая то представление, которое и в этой теории играет крупную роль. В основе платоновского учения также лежит та мысль, что каждой стихии следует приписать определенное, ее «собственное» место. Но большая ценность этой теории и ее превосходство по сравнению с обеими другими теориями, которые хотя приобрели законченную форму лишь позднее, но все же восходят ко времени Платона, заключается в том, что она поняла тяжесть как стремление родственного к родственному, части к целому. От нашего нынешнего представления эта теория отличается в сущности только тем, что она еще не усматривала в тяготении общего свойства всей материи, полагая, что оно существует не между любыми двумя телами, а лишь между различными объемами одной и той же стихии.

Направление естественного движения, согласно платоновской теории, ведет к тому месту, в котором находится наибольшая масса той же родственной материи; ибо, по представлению Платона, различные виды материи распределены Демиургом в мировом пространстве. Этим объяснением тяготения устраняется и трудный вопрос, нужно ли допускать наряду с тяжелыми также и легкие тела. Действительно, движение к родственному свойственно, как учит Платон, всему; именно оно и делает движущееся тело тяжелым, а то место, к которому направлено движение, — расположенным внизу. В той части мирового пространства, где находится естественное место огня, все огненное так же тяжело, как и все земное в области земли. Подобно тому как все родственное представляет собой для каждого тела «низ», — так же все чужеродное представляет собой «верх», по направлению к которому тело может двигаться лишь вопреки своей природе, под действием принуждения. Таким образом

Платон признает только относительную легкость; она проявляется в меньшем сопротивлении, которое оказывают тела вынужденному движению по направлению к чужеродному и которое, вообще говоря, обусловлено меньшей величиной.

К платоновской теории тяготения примкнул, наряду со многими другими — как, например, Марк Аврелием и Иоанном Филсоном — также и Плутарх. Он самым решительным образом выступает против того воззрения, согласно которому целью естественного движения является срединный пункт вселенной. По мнению Плутарха, земля притягивает тяжелые тела не по той причине, которую предполагали Аристотель и стоики, а потому, что эти тела являются ее частями. Подобно тому как солнце притягивает к себе свои составные части, так же и земля воспринимает падающую звезду, как нечто ей принадлежащее и собственное. Движение любого тела к земле есть только признак родства и естественной близости, существующей между землей и тем, что было от нее удалено и снова к ней возвращается.

II. ЕСТЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

С различными воззрениями, существовавшими у древних физиков, относительно сущности тяжести самым тесным образом связаны и их взгляды на явление естественного движения. Атомисты должны были считать последнее неограниченным в пространстве и времени, сообразно со своими представлениями о падении атомов; таким образом, согласно их взглядам, естественное движение может закончиться только тогда, когда на пути падающего тела окажется какое-нибудь другое. Платон и его сторонники считают, что движение продолжается до тех пор, пока не осуществится составляющее его цель соединение родственного с родственным. Между тем исследователи, усматривавшие цель направленного вниз движения в срединном пункте вселенной, должны были прийти к удивительному выводу, что при достижении центра движение тотчас прекратится и что, следовательно, как это ясно говорит Аристотель, «все, что движется вниз, никогда не может пройти далее, чем до срединного пункта, откуда бы оно ни вышло». Действительно, если бы тело, как это подробнее развил Александр Афродисийский, продвинулось хотя бы на ничтожное протяжение далее срединного пункта, то оно должно было бы двигаться уже не вниз, а вверх, что противоречит всей его природе и, следовательно, невозможно. На неприемлемость этого воззрения указывали особенно Плутарх и Лукреций, возражая против аристотелевско-стоической теории тяжести.

Роковой ошибкой, введенной в науку главным образом Аристотелем, было распространенное, вероятно, уже и до него представление, что тело падает тем быстрее, чем оно тяжелее, и что, следовательно, при прочих равных условиях, как это говорит Аристотель, скорости двух тел находятся между собой в том же отношении, что и их величины. Аналогичное утверждение делает, впрочем, Аристотель и относительно легких тел: чем больше количество огня, тем он легче и тем быстрее движется вверх. Аристотелевское воззрение, согласно которому более тяжелое тело падает быстрее, — воззрение, проводимое, впрочем, также и Героном в его механике, — кажется тем более странным, что влияние, оказываемое средой на скорость движущихся в ней тел, отнюдь не оставалось неизвестным Аристотелю, и он совершенно отчетливо понимал также, что более объемистое тело должно медленнее проникать сквозь среду, чем малое; он приходил даже к тому заключению, что в пустом пространстве все тела должны падать с одинаковой скоростью. Однако это соображение служило ему только доказательством невозможности пустого пространства, так как он вследствие некоторых допущений — о них речь будет ниже — считал необходимым принять эту скорость в пустом пространстве за бесконечно большую.

Представление о том, что большее тело падает быстрее, чем меньшее, лежит также в основе атомистической системы Левкиппа и Демокрита, которые пытались этим допущением объяснить столкновение атомов и обусловленное им образование вихрей. Только Эпикур выступил против этого антинаучного утверждения и совершенно правильно принимал, что атомы при своем падении в пустом пространстве должны иметь совершенно равные скорости, так как ничего не встречают на своем пути, и что «благодаря отсутствию сопротивления ни тяжелое не может двигаться быстрее, чем легкое, ни малое быстрее, чем большое».

Что свободное падение представляет собой ускоренное движение, было уже общеизвестно в древности; некоторые, как, например, Аристотель, делали даже из этого вывод, — скорее, конечно, по аналогии, чем на основании наблюдений, — что естественное движение вверх происходит также с возрастающей скоростью. Для доказательства наличия ускорения при свободном падении Стратон указывал главным образом на два явления: что падающая с большой высоты струя воды внизу оказывается разделенной на капли, тогда как наверху она остается сплошной, и что груз, падающий с небольшой высоты, не производит удара о землю, тогда как груз, прошедший большое расстояние, ударяется о землю с большой силой.

Относительно причин ускорения в древности существовало несколько гипотез, которые все исходили из того представления, что изменение скорости должно быть связано с изменением также и влияющей на движение системы сил, и поэтому пытались объяснить возрастание скорости либо увеличением силы тяжести, либо уменьшением сопротивления воздуха или какой-нибудь другой противодействующей силы.

К первому способу объяснения обратился Аристотель. Он связывает это с тем своим воззрением, что движение любого тела к естественному месту означает только движение к собственной «форме», т. е. только особый случай всякого становления, а именно переход из состояния «материи» в состояние «формы», из состояния потенциального бытия в состояние актуальности. Чем более приблизилось тело к естественному месту, тем в большей мере осуществился этот переход; а более высокой степени актуальности соответствует, согласно воззрениям Аристотеля, и большая способность к действию, которая проявляется в усилении стремления к естественному месту, и, следовательно, в увеличении тяжести или легкости, в соответствии с тем, направлено ли естественное движение вверх или вниз.

Для подтверждения этой теории Симпликий, который, так же как и Александр Афродисийский, развивал далее аристотелевскую гипотезу, предлагает даже эксперимент, о котором мы, впрочем, не знаем, был ли он выполнен в действительности и с каким результатом. Нужно, как это советует Симпликий, спустить на привязи с горы или с высокого дерева тяжелое тело и так его взвесить. Оно должно тогда, предполагая правильность сделанной гипотезы, весить больше, чем оно весит у поверхности земли, так как в первом случае оно находится ближе к срединному пункту, чем гири, а во втором случае грузы с обеих сторон находятся на одном уровне. О другой теории, объяснявшей ускорение не возрастанием тяжести, а уменьшением сопротивления, сообщает нам Симпликий, не указывая однако сторонников этой теории; он упоминает только, что таковых «не мало». Они принимали во внимание количество воздуха, находящееся между движущимся телом и целью движения. Это количество воздуха так же противодействует опусканию тел книзу, как вода сопротивляется погружению тел, и поэтому тела представляются более легкими, чем это имеет место в действительности. Это происходит, разумеется, в тем большей степени, чем больше количество воздуха, несущее тело — больше всего, следовательно, в начале естественного движения, которое поэтому сначала медленно и только постепенно становится все более быстрым.

Третья теория, объясняющая ускорение при свободном падении, восходит к великому астроному Гиппарху. Для решения

задачи он рассматривает свободное падение как особый случай движения брошенного тела. Он указывал на то, что при таком движении, согласно распространенной в древности теории, сила, бросившая тело вверх, сначала сохраняет преобладание над силой тяжести брошенного тела и таким образом вызывает движение тела вверх, которое оказывается тем более быстрым, чем больше сила. Когда же последняя, как полагал Гиппарх, оказывается израсходованной и, следовательно, уменьшившейся, движение вверх все более замедляется, и, наконец, тело начинает под влиянием собственной тяжести двигаться вниз, и притом тем быстрее, чем меньше становится сила, которая бросила его вверх; быстрее же всего, когда эта сила окончательно исчезла. Совершенно сходным образом происходит это и в случае падающих тел. Действительно, и у них до определенного момента сила, поддерживавшая их, сохраняет свое влияние. Она противодействует их движению и является причиной того, что падающее тело сначала движется медленнее.

III. ВЫНУЖДЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

Разделение движений на естественные и вынужденные имело своим последствием то, что понятие силы в античной физике имело гораздо меньшее значение, чем в современной. Исследования о сущности силы и о ее измеримых соотношениях с другими величинами, характеризующими движение, оставались почти лишенными связи с рассуждениями, касающимися естественного движения, и поэтому почти полностью ограничивались менее исследованной областью вынужденных движений. Отношения, которые древние устанавливали между массой тела, действующей на него силой, и обусловленным последней движением, отличаются от соответствующих воззрений в новой физике прежде всего тем, что в формулах античной физики — как следствие того, что ей был неизвестен закон инерции, — на месте изменения скорости оказывается сама скорость.

Закон, в который Аристотель мог бы облечь свои воззрения, имел бы форму:

$$\frac{m \cdot s}{K \cdot t} = \text{const.},$$

где m означает движущуюся массу, K — силу, s — пройденный путь и t — требуемое для этого время. Однако Аристотель приписывает этому закону безусловное значение лишь для того случая, когда соотношение между массой и силой остается без изменения; тогда пройденный путь и время должны быть обратно пропорциональны друг другу, и, следовательно, ско-

рость должна быть постоянной. Напротив того, если величины m и K подвергаются произвольным изменениям, то закон Аристотеля утрачивает свое всеобщее значение, так как в этом случае приходится принять во внимание также и влияние трения, которого Аристотель, впрочем, не зная закона инерции, совершенно не учитывает.

Приведенная формула, как он полагает, может иметь значение только в том случае, если отношение массы к силе не превосходит определенной величины, которая в дальнейшем будет обозначаться через α . Таким образом, если известно, что некоторая определенная сила сообщает заданной массе определенную скорость, то отсюда, согласно Аристотелю, можно, правда, заключить, что вдвое большая сила сообщит этому телу вдвое большую скорость, однако нельзя без оговорок делать вывод, что половинная сила создаст и половинную скорость, так как, если даже

$$\frac{m}{K} < \alpha,$$

то все же может оказаться

$$\frac{m}{\frac{1}{2}K} > \alpha,$$

и таким образом установленное уравнение для этих новых величин может утратить свое значение. А именно возможно, что новая сила недостаточна даже для того, чтобы вообще привести тело в движение. Аристотель ссылается при этом на тот факт, что, хотя несколько пребцов могут привести корабль в движение, один пребец вообще не может сдвинуть корабль с места; в сходной форме высказывает ту же мысль и Герон. В приписываемой Аристотелю «Механике» также проводится то воззрение, что между предметом и тем, кто должен привести его в движение, должно быть известное отношение, известная «соразмерность» ((сирметриа)). Это отношение должно быть ни слишком большим, ни слишком малым, как это вытекает из оснований, о которых будет говориться ниже.

Так как древние не знали закона инерции, то другая трудная проблема возникала для них в вопросе о том, как следует объяснять продолжение движения после того, как прекратилось соприкосновение тела с тем, что насильственно привело его в движение. Разрешение этой проблемы составляло в древности предмет главным образом двух теорий. Одна из них исходит из представления, что при начале вынужденного движения телу передается также и сила, которую оно несет с собой в пути; вторая теория допускает посредствующую роль воздуха.

К числу сторонников первой теории мы можем отнести, на основании сохранившихся остатков физической литературы древности, Гиппарха и Герона. Они принимали, что сила того, кто бросает тело, следует за этим телом и сопровождает его, сохраняясь в пути, но, однако, подвергаясь израсходованию по мере протекания движения. Таким образом, действие силы все время уменьшается, чем и должно объясняться постоянное уменьшение скорости и постепенное прекращение вынужденного движения или его переход в движение естественное.

Другая теория, выведившая противное естественному движение из действия воздуха, основана на имевшем в древности почти всеобщее распространение представлении, что всякое движение должно восходить к некоторому соприкосновению, так как всякое движение предполагает наличие чего-то движущего; последнее же, поскольку живые существа остаются исключенными из области физического рассмотрения, само должно оказаться движимым чем-то иным. Устранить затруднения, которые при этом возникали, для объяснения длительного движения помогала вторая принимавшаяся значительной частью древних физиков гипотеза, которая отвергала возможность пустого пространства и, таким образом, сводила каждое движение к обмену местами.

Теория вынужденного движения, представлявшая собой комбинацию этих двух гипотез и получившая у Аристотеля всеобщее значение, впервые возникает, повидимому, у Платона. В «Тимее» Платон высказывает ту мысль, что противодействие, создаваемое движением, является причиной явлений, которые наблюдаются как в других случаях, так и при бросании тяжелых тел. Процесс движения, согласно этой теории, объясняется, как это подробно излагает Плутарх, комментируя упомянутое место в «Тимее», следующим образом: брошенный предмет своим натиском раздвигает воздух, который, стремясь в силу своей природы заполнить всякое пустое пространство, снова смыкается позади тела, следует таким образом за брошенным предметом и сообщает ему все новые импульсы к движению.

Хотя Аристотель и не подчеркивал так, как Платон, представление об обмене местом, но он принимал, что импульс, приводящий тело в состояние вынужденного движения, передается через посредство воздуха по направлению движения, причем толкаемый воздух в свою очередь толкает предмет и таким образом ускоряет его движение. Согласно Аристотелю, воздух равным образом является носителем силы; через него последняя оказывает свои действия в определенном направлении, благодаря чему движущееся тело может продолжать свое движение, хотя бы то,

что заставило его двигаться, и не следовало за ним. Сходным образом Стоики и Сенека пытались объяснить длительность вынужденного движения напряженным состоянием воздуха, который являлся для них посредником в механических процессах, так же как в акустических и оптических.

То, что воздух производит движение как вверх, так и вниз, объясняется, по Аристотелю, тем, что он обладает одновременно тяжестью и легкостью и поэтому может проявлять действие то одного, то другого из этих свойств. Для того чтобы воздух передавал движение, необходимо, чтобы и тело на него воздействовало. Это имеет своим следствием, как поясняется в аристотелевской механике, что очень малые тела так же не могут быть приведены в движение заданной силой, как — по другим причинам — и весьма большие, будучи слишком слабы для того, чтобы в свою очередь оказать противодействие. Постепенное прекращение вынужденного движения и его переход в движение естественное аристотелевская теория объясняла сходно с теорией Гиппарха и Герона, а именно постепенным ослаблением противодействия воздуха.

Особый случай вынужденного движения усматривали физики, полагавшие, что естественное движение огня направлено вверх, в наблюдаемом движении молнии вниз. Платон объяснял его так же, как движение при бросании. Вследствие удара в облако из последнего, как это подробнее развивает Плутарх, извергается и воздух огнеобразная масса. Облако разрывается и поддается назад, но вслед за струей огня снова смыкается и таким образом толкает ее, вопреки ее природе, сверху вниз. Плиний для объяснения этого явления принимал, — вероятно, опираясь на других физиков, — что светила оказывают отталкивающее действие на молнию.

Магнитное и электрическое притяжение пытались объяснить, исходя из тех же точек зрения, что и для вынужденного движения вообще. Согласно этим воззрениям, магнит испускает тяжелые и ветрообразные истечения; последние вытесняют непосредственно примыкающий к магниту воздух, который в свою очередь толкает воздух, лежащий далее. Этот процесс продолжается до тех пор, пока воздух не займет снова образовавшееся пустое пространство, увлекая за собой при этом и железо в противном естественному движению. Такова была имевшая всеобщее распространение теория, развиваемая в особенности у Платона, Плутарха и Лукреция. Электрическое притяжение старались пояснить совершенно таким же образом.

В своей теории вынужденного движения Аристотель вводил некоторые допущения, которые по большей части получались путем простого обращения соответственных допущений, сделан-

ных для естественного движения. Если естественное движение является ускоренным, то противоположное ему должно быть замедленным, и если, согласно воззрениям древних, большая масса в естественном направлении движется быстрее, то в противоположном направлении скорости должны находиться в соотношении, обратном, величинам тел. Таким образом, направляясь сверху вниз, меньшая масса огня должна двигаться быстрее а большая медленнее.

IV. УДАР И ТРЕНИЕ

Гипотезами, сделанными для объяснения вынужденного движения, большей частью обусловлены и представления древних относительно явлений удара и трения. В аристотелевском собрании задач явление удара объясняется таким образом, что действительное движение тела составляется из естественного и вынужденного, причем в случае удара первое прекращается; тело же под влиянием движущей его силы должно двигаться дальше, а так как оно не может продвигаться вперед по прежнему направлению, то оно начинает двигаться назад или в сторону. Сходным образом объясняется в героновой катоптрике различие между упругим и неупругим ударами. Сила, пославшая брошенное тело, например камень, должна, сообразно с этими взглядами, в случае удара о твердое тело обратиться назад вместе с брошенным камнем, так как она не может нести его дальше, и, напротив того, при ударе о мягкое тело она должна прекратить свое действие и удалиться от брошенного камня.

Учению о сопротивлении среды уделял особое внимание Аристотель, не достигнув, однако, в этой области заметных успехов. Время, потребное телу для прохождения определенного расстояния, Аристотель считает пропорциональным сопротивлению среды, так что, согласно его воззрению, одно и то же тело в среде, вдвое более тонкой, должно употребить на прохождение того же пути только половину прежнего времени. Следствием этого неправильного допущения было то, что скорость в пустом пространстве Аристотель считает бесконечно большой, и поэтому он, хотя и устанавливает совершенно правильно, что в пустоте все должно двигаться одинаково быстро, попросту отрицает возможность пустого пространства.

Различие между трением движения и трением покоя выдвигает в особенности аристотелевская механика, приводя тот пример, что лошадям легче тянуть уже находящуюся в движении повозку, чем сдвинуть ее с места. Если тело движется в том же направлении, в котором его увлекает сила, то это должно иметь тот же результат, как если бы кто-нибудь увеличил силу

и скорость движущего его источника силы. В аристотелевской механике объясняется и тот факт, что трение для круглых тел всего меньше. Поэтому древние физики приписывали шарообразную форму всему, что должно быть легко подвижно, как, например, небесному своду, светилам и последним частицам огня.

Многие древние физики определенно развивали учение о том, что движение вследствие всегда связанного с ним трения должно также производить тепло. Аристотель и Лукреций сообщают, что свинцовые шарики вследствие трения о воздух нагреваются до такой степени, что свинец начинает плавиться, а согласно одной выдвинутой Анаксагором и поддерживаемой также Аристотелем астрономической гипотезе, даже теплота и свечение звезд возникли вследствие их трения об эфир и воздух.

V. ДРЕВНЯЯ ДИНАМИКА В ЕЕ СООТНОШЕНИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ПРИНЦИПАМИ ДВИЖЕНИЯ

В то время как в области статики древняя физика почти всегда приходила к верным результатам, сохраняющим значение и теперь, — ее исследования в области динамики лишь в немногих случаях сопровождались успехом, и полученные результаты лишь редко совпадают с воззрениями современной механики. Эти резкие расхождения должны быть приписаны не только недостаткам древних методов исследования, но в еще гораздо большей мере полному несходству между основными принципами движения в древней и новой физике. Только изредка встречаются в литературе древности замечания, на которые можно смотреть как на предвзвешенные некоторые принципы, отчетливо сформулированных лишь в гораздо более позднее время и которые остались без всякого влияния на развитие механики; только в единичных случаях мы узнаем о своеобразных гипотезах, которые производят впечатление бессознательного применения этих смутно сознаваемых принципов.

Чаще всего мы встречаем это в области, относящейся к первой аксиоме движения Ньютона, известной под названием закона инерции. Особенно это относится к Плутарху, который говорит, хотя и в слишком общей форме, о способности тел к сопротивлению. Каждому движущемуся телу — в частности и телу, находящемуся в состоянии естественного кругового движения, — он приписывает стремление сохранить свое движение и форму пути и полагает, что это стремление тем сильнее, чем быстрее движение. Каждое тело, как учит Плутарх, продолжает свое естественное движение до тех пор, пока оно не будет отклонено со своего пути внешней причиной. Поэтому и луну удерживает от падения на землю ее движение, ее быстрое обращение вокруг

земли, точно так же как предметам, положенным в праду, не дает упасть быстрое вращение. О том, что Плутарх имел более правильное представление об инертности тел, чем его современники, свидетельствует и та решительность, с которой он — так же, впрочем, как и Лукреций — возражает против делавшего Аристотелем допущения, что тела, достигающие срединного пункта, могут там с полного разбега сразу остановиться.

Впрочем, подобные соображения остались без всякого влияния на оформление динамических теорий. То положение, что тело, на которое не действует ни внешняя сила, ни присущая ему от природы тяжесть или легкость, не может двигаться, представлялось древним физикам совершенно самоочевидным. Именно оно было причиной ложных теорий, устанавливавших пропорциональность силы самой скорости, а не ее изменению; оно заставляло прибегать к сложным построениям для решения казавшейся столь трудной проблемы длительности вынужденного движения, оно вело к искусственным и притом совершенно излишним гипотезам, имевшим целью объяснить ускорение при свободном падении. Оно создавало ложные представления относительно сопротивления среды, порождая и ложные формулы; наконец оно не позволяло понять, что наблюдаемое прекращение какого бы то ни было движения имеет своей причиной только трение.

Основополагающее значение прямолинейного движения, находящее себе выражение также в первом постулате Ньютона, древние понимали довольно отчетливо. Им тем легче было учить, что движение, не испытывающее влияния никакой внешней силы, должно оставаться прямолинейным, что они не смотрели на присущую телам тяжесть или легкость как на силу в собственном смысле. Общность этого воззрения была ограничена только тем, что древние, как это нам известно особенно об Аристотеле, Хрисиппе, Клавдии Птолемеи и Витрувии, принимали две основные формы движения, а именно наряду с прямолинейным движением также кругообразное, и из соединения того и другого выводили все остальные формулы движения. В соответствии с делением вселенной на небо и землю, принимали, что круговое движение, как более прекрасное и совершенное, имеет место в области неба, тогда как подлунный мир характеризуется прямолинейным движением. Вместе с тем, однако, полагали, что стихии движутся по прямой линии до тех пор пока они не достигнут естественного места, и только тогда, не имея больше возможности продолжать прежнее прямолинейное движение, получают движение круговое.

Существовали, однако, также гипотезы, согласно которым и для светил прямолинейное движение рассматривали как есте-

ственное и в соответствии с этим или приписывали небесным телам движение по прямому пути, как этому учил в особенности Ксенофан, или, устанавливая для пути светил круговую форму, считали все же необходимым указать для этой неправильности особую причину. Анаксимен таковую усматривал в сопротивлении сгущенного воздуха, отесняющего светила от их собственного направления. Что вообще круговое движение неба и небесных тел по необходимости должно быть связано с существованием силы, которая в состоянии уравновесить естественное стремление к срединному пункту и таким образом удерживать небо от падения, неизбежного при малейшем уменьшении этой силы, учил уже Анаксагор, представления которого, применительно к движению луны снова встречаются и у Плутарха.

Второй постулат Ньютона, устанавливающий пропорциональность изменения движения действующей силе, повидимому, оставался древним совершенно неизвестным, тогда как неосознанный намек на третий постулат, говорящий о равенстве действия противодействию, можно, пожалуй, видеть в выставленной Аристотелем, Гиппархом и Героном гипотезе, согласно которой, для того чтобы объяснить, почему тело остается на каком-либо месте, кроме своего естественного, принималось существование силы, — вызванной, очевидно, реакцией по отношению к стремлению тела получить естественное движение, — которая удерживает тело на его месте и препятствует ему двигаться. Столь важный для натурфилософии принцип относительности движения впервые был высказан отчетливо, повидимому, Ксенофаном. Двигаться может, — так учит Ксенофан, — только то, что существует во множестве. Ибо всегда нечто должно двигаться к чему-то другому.

Те представления, которые лежали в основе греческой динамики, определили и путь, по которому должен был совершиться переход от древней к новой механике. Открытия, которые в древности лишь смутно предугадывали и неясно высказывали некоторые опередившие свое время физики, должны были с течением времени возникать у исследователей все чаще и с все большей ясностью, пока величайшим из этих исследователей не удалось выразить их в отчетливых законах и формулах. Правильное понимание выработанных таким образом принципов должно было, разумеется, положить конец всем тем ложным представлениям, которые средневековые восприняло от античной физики, и заставить их уступить место новым теориям, более приближающимся к нашим современным.

Главная задача, которую должна была разрешить механика в своем дальнейшем развитии, заключалась, пожалуй, в устранении того принципа, который в сущности лежал в основе всей

античной динамики. Это было роковое для античной физики деление движений на естественные и вынужденные — с одной стороны, на земные и небесные — с другой стороны. Только устранение первого из этих противопоставлений позволило перенести те наблюдения в области динамики, которые легче всего сделать для естественного движения — для свободного падения, также и на другие виды движения, обобщить проблему силы и таким образом правильно понять соотношение между силой и движением. Но основания, на которых великие физики нового времени могли воздвигнуть здание современной механики, были заложены только тогда, когда пала также преграда, установленная античным естествознанием между небом и землей, и таким образом стало явным всеобщее значение прямолинейного движения; когда открыли, что та же самая сила, которая вызывает падение тел на земле, направляет пути вечных светил; когда ясно поняли, что всякое движение, в какой бы форме, в каком бы направлении, в какой бы части вселенной оно ни происходило, всегда повинуетя одним и тем же законам всеобщей единой механики.

ЖОЗЕФ ЛУИ ЛАГРАНЖ

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. О различных принципах статики
2. О различных принципах динамики

ЖОЗЕФЛУИ ЛАГРАНЖ
АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА¹

(1788 г.)

JOSEPH LOUIS LAGRANGE

MÉCANIQUE ANALITIQUE

В предисловие к первому изданию своего труда Лагранж дает следующую характеристику созданной им аналитической механики.

Предисловие к первому изданию

Стр. XI—XII.

«Существует уже несколько трактатов о механике, но план этого трактата совершенно нов. Я поставил себе целью свести теорию этой науки и искусство решения относящихся к ней задач к общим формулам, простое развитие которых дает все уравнения, необходимые для решения каждой задачи. Я надеюсь, что исполнение моей задачи не оставит желать лучшего.

Этот труд принесет, впрочем, и другого рода пользу: он объединит и представит, исходя из единой точки зрения, различные принципы, найденные раньше для облегчения решения вопросов механики покажет их взаимозависимость и позволит судить об их правильности и области применения.

Я делю его на две части: статику, или теорию равновесия, и динамику, или теорию движения, и каждая из этих частей будет отдельно трактовать о твердых телах и о жидкостях.

¹ Аналитическая механика Лагранжа состоит из двух частей: статики и динамики. В настоящем сборнике помещены первые разделы обеих частей. Перевод сделан с 4-го французского издания Gaston Darboux, Paris, 1888 г. с примечаниями Ж. Бертрана, сделанными к 3-му изданию 1853 г.

В этой работе не найдут рисунков. Методы, которые я в ней излагаю, не требуют ни построений, ни геометрических или механических рассуждений, но лишь алгебраических действий, подчиняющихся строгой и единообразной последовательности. Те, кто любит анализ, с радостью увидят, что механика делается его новой ветвью, и будут благодарны мне за такое расширение ее области.»

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ СТАТИКИ

Стр. 1—26

Статика есть наука о равновесии сил. Под силой или мощностью разумеют вообще причину, какова бы она ни была, сообщающую или стремящуюся сообщить движение телу, к которому ее считают приложенной; оцениваться сила или мощность должна количеством того движения, которое она сообщает или может сообщить. В состоянии равновесия сила не имеет актуального проявления, она создает только стремление к движению; но ее нужно всегда измерять тем действием, которое она производила бы, если бы не была остановлена. Если взять какую угодно силу или ее действие за единицу, то выражение всякой другой силы есть лишь отношение, математическая величина, которая может быть представлена числами или линиями. С этой точки зрения и следует рассматривать силы в механике.

Равновесие есть следствие уничтожения нескольких сил; противоборствующих и взаимно уничтожающих действие, оказываемое одной на другую; и цель статики — дать законы, по которым происходит это уничтожение. Эти законы основаны на общих принципах, которые могут быть сведены к трем: принципу рычага, принципу сложения сил и принципу возможных скоростей.

1. Архимед, единственный из древних, оставивший нам теорию равновесия, изложенную в двух книгах его *de AEquipondantibus* или *de Planorum Aequilibriis* («О равновесии плоскостей»), является автором принципа рычага, который, как известно всем механикам, состоит в том, что если прямой рычаг нагружен какими-либо двумя грузами, расположенными по обе стороны от точки опоры на расстояниях от этой точки, обратно пропорциональных этим грузам, то он находится в равновесии, и опора нагружена суммой обоих грузов. В случае равных весов, расположенных на равных расстояниях от точки опоры, Архимед считает этот принцип самоочевидной аксиомой механики, или, по крайней мере, опытным принципом, и он приводит к этому результату и исходному случаю случай неравных грузов. Он пред-

полагает, что эти грузы, если они соизмеримы, разделены на несколько равных частей и части каждого груза отделены и перенесены, на обеих сторонах того же рычага, на равные расстояния, так что рычаг оказывается нагруженным несколькими равными малыми грузами, расположенными на равных расстояниях по обе стороны точки опоры. Затем он доказывает истинность той же теоремы для несоизмеримых грузов при помощи метода исчерпывания, показывая, что не может быть равновесия между этими грузами, если они не находятся в обратном отношении к их расстояниям от точки опоры.

Некоторые авторы нового времени, как Стевин в своей Статике и Галилей в своих Диалогах о движении, упростили доказательство Архимеда, предполагая, что грузы, прикрепленные к рычагу, являются двумя горизонтальными параллелепипедами, которые подвешены за середину и имеют равную ширину и высоту, но длины которых равны удвоенным длинам плеч рычага, находящихся с ними в обратном отношении. Ибо таким образом оба параллелепипеда находятся в обратном отношении к соответствующим плечам рычага, а вместе с тем они расположены концом к концу, так что образуют один параллелепипед, средняя точка которого в точности соответствует точке опоры рычага. Архимед уже ранее употребил аналогичное соображение, чтобы определить центр тяжести поверхности, составленной из двух параболических поверхностей, в первом предложении второй книги «О равновесии плоскостей».

Другие авторы, наоборот, решили, что нашли недостатки в доказательстве Архимеда, и изменили его различными способами, чтобы сделать его более строгим; но надо признать, что, нарушив простоту этого доказательства, они почти ничего не прибавили к нему в отношении строгости.

Однако среди тех, которые стремились заменить доказательство Архимеда о равновесии рычага, следует отметить Гюйгенса, оставившего небольшую заметку, озаглавленную *Demonstratio aequilibrii bilancis*¹ («Доказательство равновесия весов») и напечатанную в 1693 г. в сборнике старых Мемуаров Академии наук.

Гюйгенс замечает, что Архимед молчаливо предполагает, что если несколько одинаковых грузов приложены к горизонтальному рычагу на равных расстояниях друг от друга то, чтобы наклонить рычаг, они действуют с одинаковой силой, находятся ли они все с одной и той же стороны точки опоры или же одни по одну, а другие по другую сторону от точки опоры; и во избежание этого шаткого предположения, вместо того чтобы

¹ Эта заметка Гюйгенса входит в его «Сочинения», изданные с Гравазандом в 1724 г. (в Лионе), т. I, стр. 282. Прим. Ж. Бертрана.

распределять, как Архимед, равные части обоих соизмеримых грузов на одном и том же рычаге по обе стороны от точек, где эти грузы считаются подвешенными,—он их распределяет таким же образом, но на двух других горизонтальных рычагах, расположенных перпендикулярно главному рычагу у его концов, в виде буквы Т. Таким образом получается горизонтальная плоскость, нагруженная несколькими равными грузами и находящаяся, очевидно, в равновесии на линии первого рычага, ибо грузы распределены равно и симметрично по обе стороны от этой линии. Но Гюйгенс доказывает, что эта плоскость также находится в равновесии на прямой, наклонной по отношению к первой и проходящей через точку, делящую первоначальный рычаг на части, обратно пропорциональные действующим на него грузам. Он показывает, что маленькие грузы оказываются также расположенными на равных расстояниях по обе стороны этой прямой; отсюда он заключает, что плоскость, а следовательно, и рычаг должны быть в равновесии в одной и той же точке.

Это доказательство остроумно, но оно не восполняет целиком действительные недостатки доказательства Архимеда.

2. Равновесие прямого горизонтального рычага, концы которого нагружены равными грузами и точка опоры которого находится в середине рычага, есть самоочевидная истина, ибо нет основания к тому, чтобы один из грузов перевесил другой, когда они равны и расположены одинаково по обе стороны от точки опоры. Иначе обстоит дело с предположением о том, что нагрузка точки опоры равна сумме обоих грузов. Повидимому, все механики приняли его как результат повседневного опыта, который учит, что вес тела зависит от его общей массы, но не зависит от его формы¹. Можно тем не менее вывести эту истину из первой, рассматривая, как это делал Гюйгенс, равновесие плоскости на линии.

Для этого нужно только вообразить треугольную плоскость, нагруженную двумя равными грузами на двух концах своего основания и вдвое большим грузом в вершине. Эта плоскость будет, очевидно, в равновесии, если она опирается на прямую линию или закрепленную ось, проходящую через середины обеих сторон треугольника; ибо можно рассматривать каждую из этих сторон как рычаг, нагруженный на обоих концах равными

¹ Даламбер является, кажется, первым, кто постарался доказать это предположение; но данное им в Мемуарах Академии наук за 1769 г. доказательство не вполне удовлетворительно. Доказательство, данное впоследствии г. Фурье в V тетради Journal de l'École Polytechnique, строго и весьма остроумно. Но оно не выведено из природы рычага. Прим. автора.

грузами и с точкой опоры на оси, проходящей через его середину. Теперь можно рассмотреть это равновесие другим способом, считая само основание треугольника рычагом, концы которого нагружены равными грузами, и воображая поперечный рычаг, который соединяет вершину треугольника с серединой его основания наподобие буквы Т, и один из концов которого нагружен двойным грузом, помещенным в вершину, а другой служит точкой опоры для рычага, образующего основание. Очевидно, что последний рычаг будет в равновесии на поперечном рычаге, который поддерживает его в середине, и что, следовательно, он будет в равновесии на оси, на которой плоскость уже находится в равновесии. Но так как ось проходит через середины обеих сторон треугольника, она также по необходимости пройдет через середину прямой, проведенной от вершины треугольника к середине основания; следовательно, точка опоры поперечного рычага будет находиться в его середине, и он будет, следовательно, одинаково нагружен на обоих концах: следовательно, нагрузка, которую испытывает точка опоры рычага, образующего основание треугольника и нагруженного на обоих концах одинаковыми грузами, будет равна двойному грузу, находящемуся в вершине, а следовательно, равна и сумме обоих грузов.

Если бы вместо треугольника рассматривалась трапеция, нагруженная в четырех углах четырьмя равными грузами, то было бы найдено таким же способом, что два неравных рычага, образующих параллельные стороны трапеции, действуют на свои точки опоры с одинаковыми силами.

3. Раз это предложение доказано, ясно, что можно, как это делает Архимед, заменить груз, уравновешенный на рычаге, двумя грузами, каждый из которых равен его половине и расположен на одном и том же рычаге, на равных расстояниях по обе стороны от точки, где прикреплен груз; ибо действие этого груза такое же, как действие рычага, подвешенного за свою середину в той же точке и нагруженного на обоих своих концах двумя грузами, каждый из которых равен половине данного груза; и очевидно, что ничто не мешает приблизить последний рычаг к первому так, чтобы он сделался его частью. Или же, что быть может более строго, нужно лишь рассматривать последний рычаг как удерживаемый в равновесии силой, приложенной к его средней точке, направленной снизу вверх и равной по величине грузу, обе половины которого считаются приложенными к его концам; тогда, если наложить этот второй уравновешенный рычаг на первый рычаг, который предполагается уравновешенным на своей точке опоры, общее равновесие сохра-

нится, и если наложение происходит так, что середина второго рычага совпадает с концом одного из плеч первого рычага, сила, поддерживающая второй рычаг, сможет считаться приложенной к самому грузу, которым это плечо нагружено и который, будучи поддерживаем, не будет оказывать действия на рычаг, но окажется таким образом замененным двумя грузами, каждый из которых равен его половине и которые расположены по обе стороны от этого груза на продолжении первого рычага. Это наложение равновесий является в механике столь же плодотворным принципом, каким является в геометрии наложение фигур.

4. Можно, стало быть, рассматривать равновесие прямого и горизонтального рычага, нагруженного двумя грузами, обратно пропорциональными их расстояниям от точки опоры рычага, как строго доказанную истину; и, согласно принципу наложения, ее легко распространить на какой угодно угольный рычаг¹, точка опоры которого находится в углу, а на плечи которого действуют в обратных направлениях силы, перпендикулярные к их направлениям. Действительно, очевидно, что равноплечный угольный рычаг, подвижный вокруг вершины угла, будет удерживаться в равновесии двумя равными силами, приложенными перпендикулярно к концам обоих плеч и стремящимися повернуть их в противоположные стороны. Если поэтому, имеется уравновешенный прямой рычаг, одно из плеч которого равно плечам угольного рычага и нагружено на своем конце грузом, эквивалентным каждой из сил, приложенных к угольному рычагу, а другое плечо нагружено тем грузом, который необходим для равновесия, и если наложить эти рычаги друг на друга так, чтобы вершина угла одного совпала с точкой опоры другого и чтобы равные плечи одного и другого совпали и образовали лишь одно плечо, то сила, приложенная к плечу угольного рычага, будет поддерживать груз, подвешенный к равному плечу прямого рычага, так что можно будет отвлечься от обоих и предположить, что плечо, образованное совмещением тех двух, уничтожено. Следовательно, равновесие сохранится также между двумя другими плечами, образующими угольный рычаг, на который действуют в его концах силы, перпендикулярные и находящиеся в обратном отношении к длине плеч, как в прямом рычаге.

Но сила может считаться приложенной в какой угодно точке, лежащей на ее направлении. Следовательно, две силы, приложенные к каким угодно точкам плоскости, одна из точек кото-

¹ В отличие от прямого рычага Лагранж называет угольным рычагом такой рычаг, в котором плечи находятся под прямым углом друг к другу. Прим. ред.

рой закреплена, и направленные как угодно в этой плоскости, уравнивают друг друга, если они обратно пропорциональны к перпендикулярам, опущенным из этой точки на их направления; ибо можно считать, что эти перпендикуляры образуют угольный рычаг, точка опоры которого есть закрепленная точка плоскости: это есть то, что теперь называют *принципом моментов*, понимая под моментом произведение силы на плечо рычага, через который она действует.

Этот общий принцип достаточен, чтобы разрешить все задачи статики. Рассмотрение ворота позволило его обнаружить уже с самых первых шагов, сделанных после Архимеда в теории простых машин, как это видно из сочинения Гвидо Убальдо, озаглавленного *Mechanicorum liber* («Книга механики») и появившегося в Пезаро в 1577 г., но этот автор не сумел применить его ни к наклонной плоскости, ни к другим машинам, которые от нее зависят, как-то клин и винт, и для которых он дал лишь весьма неточную теорию.

5. Отношение мощности¹ к весу на наклонной плоскости долго оставалось нерешенным вопросом для механиков нового времени. Стевин разрешил этот вопрос первым; но его решение основано на косвенных соображениях, независимых от теории рычага.

Стевин рассматривает материальный треугольник, поставленный на свое горизонтальное основание так, что его обе стороны образуют две наклонные плоскости; и он предполагает, что четки, образованные несколькими равными грузами, нанизанными на равных расстояниях, или, вернее, цепь со звеньями равной величины, кладется на обе стороны этого треугольника, так что вся верхняя часть вплотную соприкасается с обеими сторонами треугольника, а нижняя часть свободно висит под основанием, как если бы она была привязана к обоим ее концам.

Стевин замечает, что если предположить, что цепь может свободно скользить по треугольнику, она все же должна оставаться в покое; ибо если бы она начала скользить сама по себе

¹ Лагранж употребляет термин «мощность» (*puissance*) совсем не в том смысле как этот термин употребляется сейчас. Силой Лагранж называет данную силу, которую мы рассматриваем как постоянную величину, которую нельзя изменить посредством механических приспособлений, — это будет, например, сила тяжести (вес) груза, лежащего на наклонной плоскости. Мощностью Лагранж называет силу, которая уравнивает данную и величина которой может быть изменена посредством механических приспособлений, например, сила, приложенная для уравнивания груза, лежащего на наклонной плоскости, величина которой зависит от наклонной плоскости. Поэтому мощность будет равна весу по терминологии Лагранжа, в случае, если наклон плоскости будет $\approx 90^\circ$, т. е. плоскость будет вертикальна (см. ниже). *Прим. ред.*

в одном направлении, она должна была бы продолжать скользить вечно, ибо одна и та же причина движения сохранялась бы, так как цепь оставалась бы, благодаря однородности ее частей, расположенной все время одинаковым образом на треугольнике; откуда следовало бы вечное движение, что нелепо.

Следовательно, по необходимости, существует равновесие между всеми частями цепи; но ту часть, которая висит под основанием, можно рассматривать, как находящуюся саму по себе в равновесии. Следовательно, нужно, чтобы усилие, оказываемое всеми грузами, опирающимися на одну сторону треугольника, уравновешивало усилие грузов, опирающихся на другую сторону; но сумма одних относится к сумме других, как длины сторон, на которые они опираются. Следовательно, всегда понадобится одна и та же мощность, чтобы удерживать один или несколько грузов, расположенных на наклонной плоскости, когда общий вес пропорционален длине плоскости, в предположении, что высота одна и та же. Но когда плоскость вертикальна, мощность равна весу; следовательно, во всякой наклонной плоскости мощность относится к весу, как высота плоскости к ее длине.

Я привел это доказательство Стевина потому, что оно очень остроумно и, с другой стороны, мало известно. Впрочем, Стевин выводит из этой теории условия равновесия между тремя мощностями, действующими на одну и ту же точку, и находит, что это равновесие имеет место, когда мощности параллельны и пропорциональны трем сторонам какого угодно прямолинейного треугольника [см. Элементы статики и Прибавления к Статике этого автора в *Hypomnemata mathematica*. (Математические заметки), напечатанные в Лейдене в 1605 г. и в Сочинениях Стевина, переведенных на французский и напечатанных в 1634 г. Эльзсвирами]. Но нужно заметить, что эта основная теорема статики, хотя она обычно приписывается Стевину, была доказана этим автором лишь для случая, когда направления двух из мощностей образуют между собой прямой угол.

Стевин справедливо замечает, что груз, опирающийся на наклонную плоскость и удерживаемый мощностью, параллельной плоскости, находится в таких же условиях, как если бы его поддерживали две нити, одна перпендикулярная, а другая параллельная плоскости, и посредством своей теории наклонной плоскости он находит, что отношение веса к мощности, приложенной параллельно плоскости, такое же, как отношение гипотенузы к основанию прямоугольного треугольника, образованного на плоскости двумя прямыми, из которых одна вертикальна, а другая перпендикулярна плоскости. Стевин довольствуется тем, что распространяет это предложение на случай, когда нить, удерживающая груз на наклонной плоскости, наклонна также по отно-

шению к плоскости, строя аналогичный треугольник из тех же линий, из которых одна вертикальна, другая перпендикулярна плоскости, и выбирая за основание направление нити; но для этого он должен был бы доказать, что та же пропорция имеет место в случае равновесия груза, удерживаемого на наклонной плоскости мощностью, наклонной к плоскости, что не может быть выведено из соображения о равновесии цепи, придуманного Стевином.

6. В механических трудах Галилея, изданных впервые по-французски о. Мерсенном в 1634 г., равновесие на наклонной плоскости сводится к равновесию угольного рычага с двумя равными плечами, из которых одно, по предположению, перпендикулярно к плоскости и нагружено грузом, опирающимся на плоскость, а другое — горизонтально и нагружено грузом, эквивалентным мощности, необходимой для того, чтобы удержать груз на плоскости; это равновесие затем приводится к равновесию прямого и горизонтального рычага, причем груз, привязанный к наклонному плечу, рассматривается как подвешенный к горизонтальному плечу, образующему прямой рычаг с горизонтальным плечом угольного рычага. Таким образом отношение груза к мощности, которая его удерживает на наклонной плоскости, обратно отношению этих двух плеч прямого рычага, и легко доказать, что эти плечи относятся между собой, как высота плоскости к ее длине.

Можно сказать, что это есть первое прямое доказательство условия равновесия на наклонной плоскости. Галилей впоследствии им воспользовался, чтобы строго доказать равенство скоростей, приобретенных тяжелыми телами, спускающимися с одинаковой высоты по плоскостям разного наклона, равенство, которое он просто предположил в первом издании своих Диалогов.

Галилею было бы легко также разрешить случай, когда мощность, удерживающая груз, наклонна к плоскости; но этот новый шаг был сделан лишь некоторое время спустя Робервалем в Трактате о механике, напечатанном в 1636 г., во «Всемирной гармонии» Мерсенна.

7. Роберваль также рассматривает груз, лежащий на наклонной плоскости, как прикрепленный к плечу рычага, перпендикулярного плоскости, и считает мощность силой, приложенной к тому же плечу по данному направлению; он имеет, таким образом, рычаг с одним только плечом, один конец которого закреплен, а на другой конец которого действуют две силы — сила груза и сила мощности, которая его удерживает. Он заменяет этот рычаг угольным рычагом с двумя плечами, которые перпендику-

лярны к направлениям обеих сил и точкой опоры которых является одна и та же закрепленная точка, и полагает обе силы приложенными к плечам рычага по своим собственным направлениям, что дает для равновесия отношение груза к мощности, обратное отношению обоих плеч угольного рычага, т. е. перпендикуляров, опущенных из закрепленной точки на направления груза и мощности.

Отсюда Роберваль выводит равновесие груза, удерживаемого двумя веревками, образующими между собой какой угодно угол, заменяя рычаг, перпендикулярный к плоскости, веревкой, привязанной к точке опоры рычага, а мощность — другой веревкой, которую тянет сила в направлении этой мощности; посредством ряда несколько сложных построений и аналогий он приходит к такому заключению: если из какой-либо точки, взятой на вертикальной линии подвеса груза, провести параллель к одной из веревок до встречи с другой веревкой, то стороны образованного таким образом треугольника будут пропорциональны грузам и мощностям, действующим в направлениях этих сторон, что является, как видно, теоремой, данной Стевином.

Я счел должным упомянуть об этом доказательстве Роберваля не только потому, что оно является первым строгим доказательством, полученным для теоремы Стевина, но также потому, что оно осталось забытым. В Трактате о гармонии¹, довольно редком в настоящее время, никто не догадывается его искать. Впрочем, я вошел в эти подробности относительно теории рычага лишь для того, чтобы доставить удовольствие тем, кто любит следить за продвижением ума в науках и знать как те пути, по которым изобретатели шли, так и те, более прямые пути, по которым они могли бы идти.

8. Трактаты о статике, появившиеся после робервалевского вплоть до времени открытия сложения сил, ничего не прибавили к этой части механики; в них можно найти лишь уже известные свойства рычага и наклонной плоскости и их применение к другим простым машинам; некоторые из них даже содержат весьма неточные теории, как, например, трактат Лами о равновесии твердых тел, где дается неправильное отношение веса к мощности, удерживающей его на наклонной плоскости. Я не говорю здесь о Декарте, Торичелли и Валлисе, потому что они приняли для равновесия принцип, который связан с принципом возможных скоростей доказательства которого они не имели.

¹ «Трактат об универсальной гармонии» — произведение Мерсенна, в котором было напечатано это доказательство Роберваля. Прим. ред.

9. Второй основной принцип статики есть принцип сложения сил. Он основан на следующем предположении: если две силы действуют одновременно на тело¹ по различным направлениям, то эти силы эквивалентны одной силе, способной сообщить телу то же движение, которое ему сообщали бы обе силы, действуя порознь. Но тело, которое заставляют одновременно двигаться равномерно по двум различным направлениям, пробегает, по необходимости, диагональ параллелограмма, стороны которого оно прошло бы порознь в силу каждого из двух движений в отдельности. Отсюда заключают, что две любые мощности, действующие совместно на одно и то же тело, равносильны одной, представляемой по величине и направлению диагональю параллелограмма, стороны которого представляют в отдельности величины и направления обеих данных мощностей. В этом и состоит принцип, который называется принципом сложения сил.

Этот принцип² сам по себе достаточен, чтобы определить законы равновесия во всех случаях; ибо, складывая таким образом все силы попарно, мы приходим к одной единственной силе, которая будет эквивалентна всем этим силам и которая, следовательно, будет равна нулю в случае равновесия, если в системе нет ни одной закрепленной точки; но если таковая существует, то нужно будет, чтобы направление этой единственной силы проходило через закрепленную точку. Вот то, что можно найти во всех книгах по статике и, в частности, в Новой механике Вариньона, где теория машин выводится единственно из принципа, о котором мы только что говорили.

Очевидно, что теорема Стевина о равновесии трех сил, параллельных и пропорциональных трем сторонам произвольного треугольника, является непосредственным и необходимым следствием сложения сил или является, вернее, лишь тем же принципом, представленным в другой форме. Но последний имеет то преимущество, что основан на простых и естественных понятиях, в то время как теорема Стевина основана на косвенных соображениях.

10. Древние знали сложение движений, как это видно из некоторых мест у Аристотеля, в его «Механических вопросах». Математики употребляли его в особенности для описания кривых, как это делал Архимед для спирали, Никомед для конхоиды и т. д., а в новое время Роберваль вывел из него остро-

¹ Слово «тело» обозначает здесь материальную точку. Прим. Ж. Бертра.

² Этот абзац несколько неточен: ввиду того, что две силы, не находящиеся в одной и той же плоскости, не имеют результирующей, замечание Лагранжа не может даже быть применено, вообще говоря, к системе твердых тел. Прим. Ж. Бертра.

концам прямого рычага, то приходится прибегать к косвенным соображениям, заменяя прямой рычаг угольным рычагом, как это делали Ньютон и Даламбер, или прибавляя две посторонние силы, которые взаимно уничтожаются, но которые, будучи прибавлены к заданным мощностям, делают их направления сходящимися, или, наконец, воображая, что направления мощностей, будучи продолжены, сходятся в бесконечности, и доказывая, что общая мощность должна проходить через точку опоры; это тот способ, который применял Вариньон в своей Механике. Таким образом, хотя, строго говоря, оба принципа — принцип рычага и принцип сложения сил — приводят всегда к одним и тем же результатам, все же замечательно, что случай, являющийся наиболее простым для одного из них, является наиболее сложным для другого.

12. Но можно установить непосредственную связь между этими двумя принципами посредством теоремы, которую дал Вариньон в своей Новой механике (отдел I, лемма XVI) и которая состоит в том, что если из произвольной точки, взятой на плоскости параллелограмма, опустить перпендикуляры на диагональ и обе стороны, охватывающие эту диагональ, то произведение диагонали на перпендикуляр равно сумме произведений обеих сторон на соответственные перпендикуляры, если точка находится вне параллелограмма, и их разности, если она находится внутри параллелограмма. Вариньон показывает весьма простым построением, что если образовать треугольники, имеющие основаниями диагональ и обе стороны, а данную точку общей вершиной, то треугольник, образованный на диагонали, равен в первом случае сумме, а во втором случае — разности обоих треугольников, образованных на сторонах, что является само по себе красивой теоремой геометрии, независимо от ее приложения к механике.

Эта теорема имела бы также место, и доказательство было бы такое же, если бы мы взяли где угодно на продолжениях диагонали и сторон части, равные этим линиям. И ввиду того что всякая мощность может считаться приложенной к какой угодно точке, взятой в ее направлении, можно заключить вообще, что две мощности, представляемые по величине и направлению двумя прямыми, расположенными в плоскости, дают общую, или результирующую мощность. Эта мощность представляется по величине и направлению прямой, которая расположена в той же плоскости, будучи продолжена, проходит через точку пересечения обеих прямых и обладает тем свойством, что если взять на этой плоскости произвольную точку и опустить из этой точки перпендикуляры на эти три прямые, продолжив их, если

нужно, то произведение результирующей на ее перпендикуляр равно сумме или разности соответственных произведений обеих составляющих мощностей на соответственные перпендикуляры, смотря по тому, взята ли точка, из которой исходят три перпендикуляра, вне или внутри прямых, представляющих составляющие мощности.

Если предположить, что эта точка лежит на направлении результирующей, то последняя выпадает из уравнения, и имеет равенство между обоими произведениями составляющих на их перпендикуляры; это есть случай всякого прямого и угольного рычага, точка опоры которого является той точкой, о которой идет речь, ибо тогда действие результирующей уничтожается сопротивлением опоры.

Эта теорема, данная Вариньоном, является основой почти всех современных книг по статике, где она представляет общий принцип, называемый принципом моментов. Большое преимущество этого принципа состоит в том, что сложение и разложение сил в нем сводятся к сложениям и вычитаниям; так что, каково бы ни было число складываемых мощностей, легко найти результирующую мощность, которая в случае равновесия должна быть нулем.

13. Я отнес время открытия Вариньона ко времени публикации его Проекта, хотя в предисловии, помещенном в начале Новой механики, утверждалось, что он дал за два года до этого в *Histoire de la république des lettres* мемуар о полиспацах, в котором он пользовался сложением движений, чтобы определить все, что касается этой машины; но я должен заметить, что эта статья несколько неточна. Мемуар о блоках, о котором идет речь, находится лишь в *Nouvelles de la république des lettres*¹ за май 1687 г., под заглавием: «Новое общее доказательство об употреблении полиспацов». Автор рассматривает там равновесие груза, удерживаемого веревкой, которая переброшена через блок и обе части которой не параллельны. Он там не пользуется принципом сложения сил и даже не упоминает о нем, а употребляет уже известные теоремы о грузах, удерживаемых веревкой, и ссылается на книги о статике Парди и Дешаля. Во втором доказательстве он сводит вопрос к рычагу, рассматривая прямую, соединяющую обе точки, где веревка отделяется от блока, как рычаг, нагруженный грузом, который приложен к блоку и на концы которого действуют обе части веревки, поддерживающей блок.

Чтобы не пропустить ничего из истории открытия сложения

¹ Научный журнал, издававшийся в XVII в. Прич. ред.

сил, я должен сказать два слова о маленькой заметке, опубликованной Лами в 1687 г. под заглавием: «Новый способ доказательства главных теорем начал механики». Автор замечает, что если две силы толкают тело по двум различным направлениям, оно обязательно будет следовать по какому-то среднему направлению, так что если бы путь по этому направлению был прегражден, оно оставалось бы в покое и обе силы уравнивали бы друг друга. Он определяет среднее направление из сложения двух движений, которые тело получило бы в первое мгновение благодаря каждой из сил, если бы они действовали в отдельности. Он получает таким образом диагональ параллелограмма, две стороны которого являются путями, проходимыми за одно и то же время под действием обеих сил, и, следовательно, пропорциональны силам. Отсюда он сразу выводит ту теорему, что две силы находятся между собой в отношении, обратном отношению синусов углов, образованных их направлениями со средним направлением, по которому тело двигалось бы, если бы его не задерживали, и применяет ее к наклонной плоскости и к рычагу, когда на его концы действуют мощности, направления которых образуют угол; но для случая, когда эти направления параллельны, он употребляет расплывчатое и малоубедительное рассуждение.

Согласие принципа, применяемого Лами, с принципом Вариньона, побудило автора *Histoire des ouvrages des Sçavans* (апрель 1688 г.) заявить, что первый, повидимому, был обязан открытием своего принципа последнему. Лами оправдал себя от этого обвинения в письме, опубликованном в *Journal des Sçavans* от 13 сентября 1688 г., на которое журнал ответил в декабре месяце того же года; этот спор, в котором Вариньон не принял участия, не пошел дальше, и сочинение Лами, повидимому, оказалось в забвении.

Впрочем, простота принципа сложения сил и легкость, с которой он применяется ко всем задачам о равновесии, заставила всех механиков принять его тотчас же после его открытия, и можно сказать, что он служит основой почти всех трактатов о статике, появившихся с тех пор.

14. Нельзя все же не признать того, что один лишь принцип рычага имеет то преимущество, что он может быть основан на природе равновесия, рассматриваемого само по себе и как состояние, независимое от движения; кроме того, есть существенная разница в способе оценки уравнивающихся мощностей в этих двух принципах; так что если бы не удалось их связать посредством получаемых результатов, то можно было бы с достаточным основанием сомневаться в том, допустимо ли заменять

осеюющей принцип рычага тем, который вытекает из чужого его природа рассмотрения сложения движений.

Действительно, при равновесии рычага, мощности¹ являются грузами или могут рассматриваться как таковые, и мощность считается двойной или тройной по отношению к другой лишь постольку, поскольку она образована соединением двух или трех мощностей, каждая из которых равна другой мощности. Но стремление к движению считается одинаковым в каждой мощности, какова бы ни была ее интенсивность; в то время как в принципе сложения сил значение сил оценивается степенью скорости, которую они сообщали бы телу, к которому они приложены, если бы каждая из них могла свободно действовать в отдельности, и, быть может, именно эта разница в способе понимания сил долго мешала механикам употреблять известный закон сложения движений в теории равновесия, наиболее простым случаем которого является равновесие тяжелых тел.

15. С тех пор старались сделать принцип сложения сил независимым от рассмотрения движения и основать его единственно на самоочевидных истинах. Даниил Бернулли² первым привел в *Commentarii scientiarum Imperialis Petropolitanae Academiae* т. I, весьма остроумное, но длинное и сложное доказательство параллелограмма сил. Даламбер затем несколько упростил его в первом томе своих *Opuscules*.

Это доказательство основано на следующих двух принципах:

1° если две силы действуют на одну и ту же точку в различных направлениях, их результирующей является одна сила, которая делит на две равные части угол, заключенный между их направлениями, когда обе силы равны, и которая равна их сумме, если этот угол равен нулю, или их разности, если этот угол равен двум прямым;

2° равные кратные одинаковых сил или произвольных сил, им пропорциональных, имеют результирующую, равную такому же кратному от их результирующей, или пропорциональную этой результирующей, причем углы остаются теми же.

Этот второй принцип очевиден, если рассматривать силы как количества, которые могут складываться и вычитаться.

Что касается первого принципа, то его доказывают, рассматривая движение тела, на которое действуют две силы, друг друга не уравновешивающие; результирующее движение, являясь единственно возможным, может быть приписано единственной силе.

¹ Напомним еще раз, что термин «мощность» Лагранж употребляет в особом смысле, разъясненном выше в примечании на стр. 151. *Прим. ред.*

² То же доказательство воспроизвел и упростил Эме, *Journal de Mathématiques de Liouville*, 1-я серия, т. I, стр. 335. *Прим. Ш. Бертрана.*

действующей на него в направлении его движения. Таким образом можно сказать, что этот принцип не вполне свободен от рассмотрения движения.

Что касается до направления результирующей в случае равенства двух сил, ясно, что нет основания к тому, чтобы она была более наклоненной к одной, чем к другой из этих сил, и, следовательно, она должна делить угол между их направлениями на две равные части.

Сущность этого доказательства была потом переведена на язык анализа, и ему дали различные, более или менее простые формы, рассматривая результирующую как функцию составляющих сил и угла, заключенного между их направлениями (см. т. II журнала *Mélanges de la Société de Turin*, «Мемуары Академии наук» за 1769 г., т. VI *Opuscules Даламбера* и т. д.). Но нужно сознаться, что, отделяя таким образом принцип сложения сил от принципа сложения движений, его лишают главных преимуществ — очевидности и простоты, и сводят его к простому результату построений геометрии или анализа.

16. Я перехожу, наконец, к третьему принципу — принципу возможных скоростей. Нужно разуметь под *возможной скоростью* ту, которую тело, находящееся в равновесии, может приобрести в случае, если равновесие нарушится, т. е. ту, которую это тело действительно приняло бы в первое мгновение своего движения; и принцип, о котором идет речь, состоит в том, что мощности находятся в равновесии, если они обратно пропорциональны к могущим быть ими вызванным возможным скоростям, отсчитанным в направлениях этих мощностей.

Достаточно рассмотреть условия равновесия в рычаге и других машинах, чтобы без труда распознать тот закон, что вес и мощность всегда находятся в обратном отношении к путям, которые они могут соответственно пройти за одинаковое время; однако не видно, чтобы древние знали этот принцип. Гвидо Убальди является, быть может, первым, кто его заметил в рычаге или в подвижных блоках или полиспацах. Галилей его распознал затем в наклонных плоскостях и зависящих от них машинах и смотрел на него как на общее свойство равновесия машин (см. его *Трактат о механике* и поучение ко второму предложению третьего диалога в болонском издании 1655 г.).

Галилей понимает под *моментом* веса или мощности, приложенное к машине усилие, действие, энергию, *impetus* (натиск. *Ред.*) этой мощности, направленные к тому, чтобы двигать машину так, чтобы было равновесие между двумя мощностями, если их моменты, стремящиеся двигать машину в противополож-

ных направлениях, были равны; он показывает, что момент всегда пропорционален мощности, умноженной на возможную скорость, зависящую от способа, которым мощность действует.

Это понятие моментов было также принято Валлисом в его Механике, опубликованной в 1669 г. Автор выдвигает принцип равенства моментов в качестве основания статики и выводит из него всю теорию равновесия в главных машинах.

Теперь обычно понимают под моментом лишь произведение мощности на расстояние от ее направления до точки до линии или до плоскости, т. е. на плечо рычага, которым она действует; но мне кажется, что понятие момента, данное Галилеем и Валлисом, гораздо более естественно и обще, и я не вижу, почему его отбросили, чтобы заменить другим, выражающим значение момента только в некоторых случаях, как в рычаге и т. д.

Декарт свел таким же образом всю статику к одному единственному принципу, который сводится в сущности к данному Галилеем, но который представлен (у Декарта. Ред.) в менее общем виде. Этот принцип состоит в том, что нужно не больше и не меньше силы, чтобы поднять груз на некоторую высоту, чем для того, чтобы поднять груз более тяжелый на высоту, во столько же раз меньшую, или меньший груз на высоту, во столько же раз большую (см. письмо 73, в томе I, опубликованном в 1657 г., и Трактат о механике, напечатанный в посмертных сочинениях), откуда следует, что два груза будут в равновесии, если они расположены так, что перпендикулярные пути, которые они могут пройти совместно, обратно пропорциональны весам. Но в приложениях этого принципа к различным машинам нужно рассматривать лишь пути, которые проходятся в первое мгновение движения и которые пропорциональны возможным скоростям, иначе не получатся истинные законы равновесия.

Впрочем, рассматривать ли принцип возможных скоростей как общее свойство равновесия, как это делал Галилей, или принять его вместе с Декартом и Валлисом за истинную причину равновесия, нужно признать, что он обладает той простотой, которой можно требовать от основного принципа; и мы еще увидим ниже, в какой мере этот принцип может быть рекомендован благодаря своей общности.

Торичелли, знаменитый ученик Галилея, является автором другого принципа, который также зависит от принципа возможных скоростей; он состоит в том, что если два груза связаны вместе и расположены таким образом, что их центр тяжести не может опускаться, то они находятся в равновесии в этом положении. Торичелли применяет его лишь к наклонной плоскости, но легко убедиться, что он не менее справедлив и в дру-

гих машинах [см. его трактат *De motu gravium naturaliter descendentium* («О движении тяжелых тел, опускающихся вследствие своей тяжести»), появившийся в 1664 г.].

Принцип Торичелли породил другой, которым некоторые авторы воспользовались для того, чтобы легче решать различные вопросы статики; он состоит в следующем: центр тяжести системы тяжелых тел, находящихся в равновесии, занимает возможно более низкое положение. Действительно, из теории *de maximis et minimis* известно, что центр тяжести находится всего ниже тогда, когда дифференциал его опускания равен нулю, или, что сводится к тому же, когда этот центр не поднимается и не опускается при бесконечно малых смещениях системы.

17. Принципу возможных скоростей можно придать следующим образом большую общность: если какая угодно система, состоящая из какого угодно числа точек или тел, на которые действуют какие угодно мощности, находится в равновесии и если сообщить этой системе произвольное малое движение, благодаря которому каждая точка пробегает бесконечно малый путь, выражающий ее возможную скорость, то сумма мощностей, помноженных каждая на путь, который точка ее приложения проходит в направлении этой мощности, будет всегда равняться нулю, если считать положительными малые пути, пробегаемые в направлении мощностей, и отрицательными — пути, пробегаемые в противоположном направлении.

Иван Бернулли первым, насколько мне известно, заметил эту большую общность принципа возможных скоростей и его пользу для решения задач статики. Это явствует из одного его письма к Вариньону, помеченного 1717 г. и помещенного последним во главе отдела девятого его *Новой механики*, отдела, целиком посвященного тому, чтобы показать на различных приложениях как истинность, так и способ употребления принципа, о котором идет речь.

Этот же принцип привел затем к началу, которое предложил в Мемуарах Парижской академии наук за 1740 г. под названием «закона покоя» Мопертюи и которое Эйлер затем более развил и обобщил в Мемуарах Берлинской академии за 1751 г. Наконец, все тот же принцип служит основой начала, которое привел Куртиврон в Мемуарах Парижской академии наук за 1748 и 1749 гг.

Вообще я думаю, что могу утверждать, что все общие принципы, которые можно будет еще, быть может, найти в науке о равновесии, окажутся лишь по-иному рассматриваемым принципом возможных скоростей и будут отличаться от него лишь по форме их выражения.

Но этот принцип не только весьма простой и общий сам по себе: он, кроме того, имеет то драгоценное и единственное преимущество, что может быть переведен в общую формулу, содержащую все задачи, какие можно предложить относительно равновесия тел. Мы изложим эту формулу во всей ее широте; мы даже постараемся представить ее в еще более общем виде, чем это делали до сих пор, и дать ряд новых ее применений.

18. Что касается природы принципа возможных скоростей, то нужно согласиться, что сам по себе он недостаточно очевиден, чтобы можно было принять его в качестве исходного принципа; но его можно рассматривать как общее выражение законов равновесия, выведенных из двух только что изложенных принципов. Поэтому в доказательствах, данных этому принципу, его всегда приводили в более или менее прямую зависимость от них. Но существует в статике другой общий принцип, который не зависит от рычага и от сложения сил, хотя механики обычно его сводят к ним, и который является, повидимому, естественным основанием принципа возможных скоростей; его можно назвать *принципом блоков*.

Если несколько блоков соединены вместе на общем остоле, то такое устройство называется *полиспастом*, и соединение двух полиспастов, из которых один укреплен, а другой подвижен, охваченных общей веревкой, один из концов которой привязан наглухо, а к другому приложена некоторая мощность, образует машину, в которой мощность относится к грузу, висящему на подвижном полиспасте, как единица к числу шнуров, оканчивающихся на этом полиспасте, если их все считать параллельными и отвлечься от трения и от жесткости веревки; ибо очевидно, что благодаря однородному натяжению веревки по всей ее длине груз поддерживается таким числом мощностей, равных той, которая натягивает веревку, которое равно числу шнуров, поддерживающих подвижной полиспаст, коль скоро эти шнуры параллельны и могут даже рассматриваться как один единственный шнур, если беспредельно уменьшать диаметр блоков.

Если умножать таким образом число закрепленных и подвижных полиспастов и охватывать их все одной и той же веревкой при помощи различных укрепленных обратных блоков, то одна и та же мощность, приложенная к подвижному концу веревки, сможет удерживать столько же грузов, сколько есть подвижных полиспастов, грузов, каждый из которых будет относиться к этой мощности, как число шнуров поддерживающего его полиспаста к единице.

Заменим для большей простоты мощность грузом, пропустив предварительно по укрепленному блоку последний шнур, удерживающий

живающий этот груз, который мы примем за единицу, и вообразим, что различные подвижные полиспасты, вместо того чтобы удерживать грузы, привязаны к телам, рассматриваемым как точки и расположенным между собой так, что они образуют некоторую заданную систему. Таким образом один и тот же груз будет вызывать посредством веревки, охватывающей все полиспасты, различные мощности, которые будут действовать на различные точки системы по направлению шнуров, оканчивающихся на полиспастах, привязанных к этим точкам, и которые будут относиться к грузу, как число шнуров к единице, так что сами эти мощности будут представляться числом шнуров, совместно их производящих своим натяжением.

Но, очевидно, для того чтобы система, которую тянут эти различные мощности, оставалась в равновесии, нужно, чтобы груз не мог опускаться посредством какого бы то ни было бесконечно малого смещения точек системы¹, ибо так как груз всегда стремится опуститься, то, если существует такое перемещение системы, которое позволяет ему спуститься, он обязательно спустится и произведет в системе это перемещение.

Обозначим через $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ бесконечно малые пространства, которые это перемещение заставило бы пробежать различные точки системы по направлению мощностей, которые на них действуют, и через P, Q, R, \dots — число шнуров полиспастов, приложенных в этих точках, чтобы произвести эти мощности; очевидно, что пространства $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ — те же, на которые подвижные полиспасты приблизились бы к им соответствующим закрепленным полиспастам, и что эти сближения уменьшили бы длину охватывающей их веревки на количества $P\alpha, Q\beta, R\gamma, \dots$ так что ввиду неизменности длины веревки груз опустился бы на пространство:

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots$$

Следовательно, для равновесия мощностей, представляемых числами P, Q, R, \dots нужно, чтобы имело место уравнение:

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots = 0,$$

что является аналитическим выражением общего принципа возможных скоростей.

¹ Против этого утверждения Лагранжа справедливо возражали, ссылаясь на пример тяжелой точки, находящейся в равновесии в наивысшей вершине кривой; очевидно, что бесконечно малое смещение заставило бы ее спуститься, но это смещение все же не происходит. Первое строгое доказательство принципа возможных скоростей было дано Фурье (Journal de l'Ecole Polytechnique, т. II год VII). Та же тетрадка журнала содержит воспроизводимое здесь Лагранжем доказательство. Прим. Ж. Бертрана.

19. Если бы количество $Pa + Q\beta + R\gamma + \dots$

вместо того, чтобы равняться нулю, было отрицательным, то могло бы показаться, что это условие достаточно для того, чтобы установить равновесие, потому что невозможно, чтобы груз поднялся сам по себе. Но нужно иметь в виду, что какова бы ни была связь между точками, образующими данную систему, соотношения, которые из нее следуют, между бесконечно малыми величинами α, β, γ могут быть выражены лишь посредством уравнений дифференциальных, и, следовательно, линейных между этими количествами; так что по необходимости одна или несколько из них останутся неопределенными и смогут быть взяты с плюсом или с минусом; следовательно, значения всех этих величин всегда будут таковы, что могут переменить знак все сразу. Отсюда следует, что если при некотором смещении системы значение количества

$$Pa + Q\beta + R\gamma + \dots$$

отрицательно, оно станет положительным, если взять количества $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ с противоположными знаками; таким образом и противоположное перемещение, будучи также возможным, заставило бы опуститься груз и разрушило бы равновесие.

20. Обратно можно доказать, что если уравнение

$$Pa + Q\beta + R\gamma + \dots = 0,$$

имеет место для всех возможных бесконечно-малых перемещений системы, то она будет обязательно в равновесии; ибо так как при этих перемещениях груз остается неподвижным, то мощности, действующие на систему, остаются в том же состоянии, и не будет основания к тому, чтобы они произвели скорее одно, чем другое из двух возможных перемещений, в которых количества $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ имеют обратные знаки. Таков случай весов, остающихся в равновесии, потому что нет причины к тому, чтобы они наклонились в одну сторону преимущественно перед другой.

Принцип возможных скоростей, доказанный таким образом для соизмеримых между собой мощностей, будет также доказан для каких угодно несоизмеримых мощностей, коль скоро известно, что всякое предложение, доказываемое для соизмеримых количеств, может быть также доказано посредством «приведения к абсурду» и в случае, когда эти количества несоизмеримы.

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ ДИНАМИКИ

(Стр. 237—262)

Динамика есть наука об ускоряющих и замедляющих силах и о различных движениях, которые они должны вызывать. Эта наука целиком создана в новое время, и первые основания ее

заложил Галилей. До него рассматривали силы, действующие на тела лишь в состоянии равновесия; и хотя ускорение тяжелых тел и криволинейное движение снарядов можно было приписывать лишь постоянному действию тяжести, никому ранее не удавалось определить законы этих повседневных явлений на основании столь простой причины. Галилей первый сделал этот важный шаг и открыл тем самым новую и необъятную область успеха механики. Это открытие изложено и развито в сочинении, озаглавленном *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove, scienze*, которое вышло впервые в Лейдене в 1638 г. При жизни оно принесло Галилею меньше славы, чем те открытия, которые он сделал в астрономии; но впоследствии оно составляет самую прочную и самую подлинную основу славы этого великого человека. Открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, Пятен на солнце и т. д., требовали лишь телескопов и упорства; но нужен был необычайный гений, чтобы выделить законы природы в явлениях, которые всегда были перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от исканий философов.

Гюйгенс, которому было суждено усовершенствовать и дополнить большинство открытий Галилея, прибавил к теории ускорения тяжелых тел теорию движения маятников и центростремительных сил¹ и подготовил, таким образом, дорогу великому открытию всемирного тяготения. Механика стала новой наукой в руках Ньютона, и его «Математические начала», появившиеся впервые в 1687 г., отметили эпоху этой революции в механике.

Наконец, изобретение исчисления бесконечно малых позволило математикам сводить к аналитическим уравнениям законы движения тел; исследование сил и происходящих от них движений сделалось с тех пор главным предметом их работ.

Я поставил себе целью дать им здесь новый способ для облегчения этого исследования; но сначала будет не бесполезно изложить принципы, служащие основанием динамики, и изобразить последовательность и развитие идей, более всего способствовавших расширению и усовершенствованию этой науки.

1. Теория разнообразных движений и ускоряющих сил, которые их производят, основана на следующих общих законах:

¹ Несомненно, что у Галилея имелось понятие центробежной силы, и в одном из своих диалогов он ясно показывает, что вращение земли сообщало бы телам кажущуюся вертикальную скорость снизу вверх, если бы они не были удерживаемы тяготением. Но он ошибается, добавляя, что тяжесть, как бы ее ни считать малой, достаточна для того, чтобы помешать такому движению. Несмотря на эту серьезную ошибку, это место в Диалогах, как мне кажется, содержит первое зерно великого открытия Гюйгенса; см. *Dialogo sopra le due massimi sistemi del mondo...* стр. 185 и след. (флорентийское издание, 1710). *Прим. Ж.-Бертрана.* См. также ниже стр. 72 и след. *Прим. ред.*

всякое движение, сообщенное телу, является по своей природе равномерным и прямолинейным; различные движения, сообщенные одновременно или последовательно одному и тому же телу, складываются так, что тело находится в каждое мгновение в той же точке пространства, в которой оно должно было бы находиться вследствие сочетания этих движений, если бы тело действительно совершало каждое из них порознь. Именно в этих двух законах состоят известные принципы силы инерции и сложного движения. Галилей первый усмотрел эти два принципа и вывел из них законы движения снарядов, складывая наклонное движение, совершающегося вследствие импульса, сообщенного телу, с его перпендикулярным падением, происходящим благодаря действию тяжести.

Что касается законов ускорения тяжелых тел, они выводятся, естественно, из рассмотрения постоянного и равномерного действия тяжести, в силу которого, если тела получают в равные мгновения равные степени скорости по одному и тому же направлению, полная скорость, приобретенная по истечении какого угодно времени, должна быть пропорциональна этому времени; и ясно, что это постоянное отношение скоростей ко времени должно само быть пропорционально интенсивности той силы, с которой тяжесть двигает тело; так что при движении по наклонным плоскостям это отношение не должно быть пропорционально абсолютной силе тяжести, как в вертикальном движении, но ее относительной силе, которая зависит от наклона плоскости и определяется по правилам статики; это дает легкий способ сравнивать между собой движения тел, которые спускаются по плоскостям различного наклона.

Однако не видно, чтобы Галилей открыл именно таким образом законы падения тяжелых тел. Он начал, наоборот, с того, что предположил понятие равномерно ускоренного движения, в котором скорости растут как времена; из него он геометрически вывел главные свойства этого рода движения и главным образом закон увеличения путей пропорционально квадратам времен; затем он удостоверился посредством опытов, что этот закон действительно имеет место в движении тел, падающих вертикально или по каким угодно наклонным плоскостям. Но чтобы иметь возможность сравнивать между собой движение на различно наклоненных плоскостях, он вынужден был сначала допустить тот недостаточно надежный принцип, что скорости, приобретенные при спуске с одинаковых вертикальных высот, также всегда равны¹; лишь незадолго до смерти и уже после

¹ В этом положении можно видеть зачатки закона сохранения живой силы, играющего большую роль в работах Гюйгенса (сравни открытия,

опубликования своих Диалогов он нашел доказательство этого принципа из рассмотрения относительного действия тяжести на наклонной плоскости — доказательство, которое было затем помещено в других изданиях этого сочинения.

2. Постоянное отношение, которое должно сохраняться в равномерно ускоренных движениях между скоростями и временами, или между путями и квадратами времен, может, следовательно, быть принято за меру ускоряющей силы, которая действует непрерывно на движущееся тело; действительно, эта сила может быть оценена лишь по тому действию, которое она производит на тело и которое состоит в сообщенных ею скоростях или в путях, пройденных за данные промежутки времени.

Таким образом для этой оценки сил достаточно рассмотреть движение, произведенное за какое угодно время, конечное или бесконечно малое, лишь бы сила рассматривалась как постоянная в течение этого времени; следовательно, так как действие всякой ускоряющей силы в течение бесконечно малого времени можно, по природе дифференциального исчисления, рассматривать — каковы бы ни были движение тела и закон его ускорения — как постоянное, всегда можно будет определить значение силы, действующей на тело в каждый момент, сравнивая скорость, порожденную за это мгновение, с продолжительностью этого же мгновения, или же сравнивая путь, который она его заставляет пробежать за то же мгновение, с квадратом продолжительности этого мгновения. При этом даже не нужно, чтобы этот путь был действительно пройден телом, но достаточно, чтобы можно было считать, что он пройден при сложном движении, коль скоро действие силы является одним и тем же в обоих случаях, согласно принципам движения, изложенным выше.

Таким образом Гюйгенс нашел, что центробежные силы тел, движущихся по кругам с постоянными скоростями, относятся как квадраты скоростей, деленные на радиусы кругов, и смог сравнить эти силы с силой тяжести на поверхности земли, как это видно из доказательств, которые он дал для своих теорем о центробежной силе, опубликованных в 1673 г. в конце трактата, озаглавленного «Horologium oscillatorium».

Сочетая эту теорию центробежных сил с теорией разверток, автором которой также является Гюйгенс и которая сводит к дугам круга каждую бесконечно малую часть любой кривой, ему было бы легко распространить ее на все кривые. Но сделать

данные ниже). Лагранж, пожалуй, слишком низко оценивает роль этого принципа, значение которого оценил сам Галилей. *Прим. ред.*

этот новый шаг и завершить науку о различных движениях и

ускоряющих силах, которые могут их порождать, выпало на долю Ньютона. Теперь эта наука заключается лишь в нескольких, весьма простых дифференциальных формулах; но Ньютон постоянно пользовался геометрическим методом с упрощениями, вносимыми рассмотрением первых и последних отношений; и если он иногда и пользовался аналитическим исчислением, то употреблял лишь метод рядов, который следует отличать от дифференциального метода, хотя их легко связать и возвести к одному и тому же принципу.

Математики, рассматривавшие после Ньютона теорию ускоряющих сил, почти все ограничивались обобщением его теорем и переводом их в дифференциальные выражения. Отсюда различные формулы центральных сил, которые находят в различных сочинениях по механике, но которыми теперь почти не пользуются, потому что они применимы лишь к кривым, которые считаются описанными благодаря единственной силе, устремленной к некоторому центру, и потому что теперь имеются общие формулы для определения движений, производимых какими угодно силами.

3. Если представить себе, что движение тела и силы, которые на него действуют, разложены по трем взаимно-перпендикулярным прямым, то можно рассматривать по отдельности движения и силы, относящиеся к каждому из этих трех направлений. Ибо вследствие перпендикулярности направлений очевидно, что каждое из этих частичных движений может рассматриваться как независимое от двух остальных и может испытать изменение лишь со стороны силы, действующей в направлении этого движения; отсюда можно заключить, что эти три движения должны следовать, каждое в отдельности, законам прямолинейных движений, ускоряемых или замедляемых данными силами. Но в прямолинейном движении действие ускоряющей силы состоит лишь в том, что она изменяет скорость тела, и эта сила должна поэтому измеряться отношением между приращением или убыванием скорости за произвольное мгновение и продолжительности этого мгновения, т. е. дифференциалом скорости, деленным на дифференциал времени; а так как скорость сама выражается в переменных движениях через дифференциал пути, деленный на дифференциал времени, то отсюда следует, что сила, о которой идет речь, будет измеряться вторым дифференциалом пути, деленным на квадрат первого дифференциала времени, предполагаемого постоянным. Стало быть, второй дифференциал пути, который тело действительно пробегает или по нашему предположению может пробегать по каждому из трех перпендикулярных направлений, деленный на квадрат постоянного

Июль 1690 г.

Я всегда думал, что трудно найти центр качания другим способом, чем тот, которым я воспользовался. Поэтому я не видел никого, кому удалась бы эта попытка как в отношении общего решения вопроса, так и в отношении случая сложных маятников, пири которых расположены на прямой линии, проходящей через центр подвеса. Этим случаем занялся маркиз де-л'Опитааль после нескольких других лиц; я могу сказать, что он первый, удачно разрешивший задачу. Г. г. Валлис и Мариотт и о-де-Шаль искали только центр удара и не смогли достоверно доказать, что он совпадает с центром качания, хотя это и правильно. В остальном хотя ход доказательства г-на маркиза правилен и хорошо обоснован и кажется совершенно естественным, но он вначале включает некоторые вещи, которые могут не понравиться читателю. Так, например, обстоит дело когда он рассматривает количество движения тела в самом начале его падения, или когда он различает и подразделяет избыток движения тела A , т. е. тот избыток, которым оно обладало бы, падая отдельно, по сравнению с опусканием в виде части сложного маятника; и, наконец, когда он говорит, что в маятнике с тремя гириями, A и B следует рассматривать как подвешенные в C , их центре качания.

Эти вещи не совсем очевидны и свидетельствуют о том, что путь, избранный г-ном маркизом, очень труден и что нужна большая точность мышления, чтобы не заблудиться на нем. Г-н Бернулли в своем рассказе о споре между аббатом Кателаном и мною (в дальнейшем я выскажу по этому поводу несколько замечаний) пошел по тому же пути, но не мог дойти до конца, что лишний раз свидетельствует о трудности этого пути.

Я очень обязан г-ну Бернулли за то, что в моем диспуте с аббатом Кателаном он всегда держал мою сторону. Но я не могу понять одного: сначала он говорит, что мое основное положение о центре качания строится на великом принципе механики, согласно которому общий центр тяжести нескольких гирь не может под действием веса подняться выше точки, из которой он опустился; а затем он выдвигает против меня рассуждение, которое он сам признает сомнительным. Создается впечатление, что он сомневается в правильности моего положения, тогда как ему скорее следовало бы прийти к выводу, что ошибочно его собственное рассуждение.

¹Idem. Письмо № 2606, стр. 461.

Прилож. II к письму № 2604. Заметки Гюйгенса о предыдущем (№ 2605) письме и о рассказе г-на Бернулли, который в нем упоминается.

На его обвинение, что я в первом моем ответе не опроверг неправильного принципа г-на аббата и что в моем втором ответе я не опроверг его физического обоснования, я возражу, что в моем первом ответе я полагал, что вполне достаточно выявить очевидную ошибку в рассуждении, выдвинутом против меня, не вникая дальше в эту тему. В моем ответе от 8 июня 1684 г. я с таким же правом, как и Бернулли, считаю, что опроверг физическое обоснование принципа, так как доказал, что он противоречит великому естественному закону, согласно которому тяжелые тела не могут подниматься самостоятельно. Ибо я полагаю, что в этом в такой же мере заключается физическая причина, по которой гири A и B в сложном маятнике, опустившись вместе до нижней точки своего качания, не приобретают вместе столько же скорости, как если бы они в отдельности упали с той же высоты, как заключается и в том, что гиря A расходует часть своего движения на воздействие на неподвижную точку F , как это доказали г-н Бернулли и маркиз де-л'Опиталь. Я считаю, что движение часто теряется без того, чтобы можно было сказать, что оно израсходовалось впустую, как, например, во многих случаях удара двух твердых тел, как я это отметил при опубликовании мною законов этих видов движения в *Journal des Sçavants* за февраль 1669 г.; поэтому не является необходимым, чтобы количество движения всегда сохранялось, если оно на что-нибудь не расходуется, но существует неизменный подвиг и что для этого сумма квадратов их скоростей должна оставаться постоянной. Это происходит не только в гири маятников и при ударе твердых тел, как я отметил там же, но и во многих других случаях из области механики.

Я показал, что при допущении принципа г-на аббата Кате-лана, сила поднятия гирь маятника возрастала бы и, благодаря этому, их общий центр тяжести мог бы подняться выше точки, из которой он опустился; отсюда я заключал, что если бы это было так, то было бы найдено вечное движение. Г-н Бернулли не соглашается с этим выводом, учитывая сопротивление воздуха и некоторые другие сопротивления, которые воспрепятствовали бы эффекту этого действия, но он должен был бы принять во внимание, что высота, на которую центр тяжести поднимается выше прежней, всегда имеет определенную величину, тогда как воздействие препятствий не имеет определенной величины и может уменьшаться все больше и больше; поэтому можно было бы легко построить машину, в которой преимущество повышения центра тяжести превышало бы противодействие препятствий. Но, разумеется, нам никогда не придется проверять этого экспериментально.

ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС
О ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЕ,

1703 г.

CHRISTIANUS HUSENUS
DE VI CENTRIFUGA

Трактат Гюйгенса о центробежной силе, написанный по-латыни, был впервые издан лишь после смерти автора в лейденском издании посмертных произведений в 1703 г. Некоторые теоремы о центробежной силе Гюйгенс уже в 1669 г. сообщил Лондонскому Королевскому обществу. В пятой части его *Horologium Oscillatorium* (1673 г.) помещено без доказательств тринадцать теорем о центробежной силе. Издатели трактата, который не был вполне готов для печати, несколько возможно согласовали с этими теоремами порядок и редакцию материала.

Трактат состоит из изложения и семнадцати теорем с доказательствами.

Перевод сделан с немецкого перевода в издании *Ostwald's Klassiker der Exacten Wissenschaften*, № 138, Leipzig 1903 и сверен с латинским текстом.

В настоящем сборнике дан только перевод всего изложения; теоремы не приводятся.

(Стр. 35—42)

Тяготение побуждает к движению вниз. Если принять, что движение тяжелых тел, безразлично падают ли они перпендикулярно или по наклонной плоскости, будет ускорено таким образом, что за равные промежутки времени они будут приобретать равные моменты скорости, то отсюда можно строго доказать, что пройденные за различные промежутки времени, начиная с состояния покоя, пути относятся, как квадраты времени. Это точно согласуется с опытом. Отсюда следует правильность этого

предположения. Совпадение с опытом утверждается опытами Галилея и Риччиоли и нашими опытами, если не принимать во внимание небольших отклонений из-за сопротивления воздуха; но эти отклонения тем меньше, чем тяжелее это тело по отношению к величине своей поверхности и чем на меньшем пространстве мы производим этот опыт. Поэтому очень вероятно, что с устранением сопротивления воздуха можно будет наблюдать подтверждение этого правила и при очень больших расстояниях. Но так как и при сопротивлении воздуха пробковый шарик скоро начинает падать с постоянной скоростью, то тоже должно быть верно для свинцового шарика, взятого настолько малым, чтобы в отношении тяготения он имел ту же поверхность, что и пробковый шарик, т. е. чтобы его диаметр так относился к диаметру пробкового шарика, как удельный вес пробки к удельному весу свинца. Это я доказал при других обстоятельствах. Поэтому я думаю, что свинцовый шарик любой величины начнет, наконец, под действием воздуха двигаться равномерно, конечно, после того как он уже пройдет весьма значительный путь; здесь не имело бы места постоянное ускорение, и, следовательно, таковое никогда не соблюдается с полной точностью. Все же рассуждения Галилея об этом движении нельзя поэтому считать менее замечательными или полезными. Во всяком случае они не уступают его работам по механике тяжелых тел, в которой обычно неправильно принимается, что тяжелые тела стремятся падать по параллельным прямым, тогда как в действительности они направляются к центру земли. Кроме того для доказательства положений, которым мы здесь приводим, достаточно, чтобы при как угодно малых путях ускорение, отсчитываемое состояния покоя, росло пропорционально нечетным числам: 1, 3, 5, 7, как учил Галилей.



Рис. 38

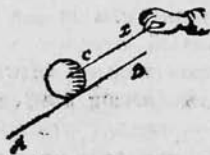


Рис. 39

Итак, когда груз подвешен на нити (рис. 38), то на нить действует натяжение, так как груз стремится с подобным ускорением падать в направлении этой нити.

Однако за один и тот же промежуток времени может быть пройден с вышеописанным ускорением больший или меньший путь: например, когда груз висит на наклонной плоскости на нити CD , находящейся постоянно на равном расстоянии от нее (рис. 39); так как и здесь груз стремится падать в направлении DC с соответствующим ускорением, не пробегая, однако, в определенный маленький отрезок времени того же пути, который он прошел бы в тот же маленький промежуток времени,

если бы груз падал с вертикальной нити. Зато здесь чувствуется меньшее натяжение, которое тем меньше того, вертикального натяжения, чем меньший путь проходит груз по наклонной плоскости вместо вертикальной. Далее, когда два равных груза, из которых каждый подвешен на нити, стремятся сорваться и двигаться по направлению натяжения нити с равными ускорениями и так, чтобы они одновременно проходили равные пути, то мы считаем, что и натяжение нитей будет одинаково, направлено ли натяжение вниз, вверх или еще как-нибудь иначе. Безразлично, откуда происходит подобное стремление, если только оно существует. Но именно это стремление имеет место когда при данной возможности или отсутствии препятствий наблюдаются точно те же явления движения. При этом нужно рассматривать только начало движения, предполагая неограниченно малый отрезок времени.

Так как когда, например, шарик B висит на нити AB , но соприкасается при этом с вогнутой поверхностью CD так, что прямая, соединяющая центр шарика B с точкой его касания с поверхностью (рис. 40), перпендикулярна как к направлению нити, так и к плоскости, касательной к данной кривой, то мы уже знаем, что шарик нигде не поддерживается плоскостью CD и, более того, так же сильно натягивает нить AD , как если бы он вовсе не касался плоскости CD , но был бы свободно подвешен. Если же дерезать нить, то шарик упадет не так, как если бы он висел свободно, но никогда не сохранит при скатывании по поверхности CD соотношения ускорений, соответствующих нечетным числам: 1, 3, 5, 7. Поэтому мы, очевидно, должны наблюдать не за тем, что происходит с телом через некоторое время после освобождения его от нити, но должны рассматривать неограниченно малый отрезок времени от начала движения, если хотим определить силу этого стремления. В этот промежуток времени шарик B начинает двигаться после отделения от нити так, как будто бы он падает отвесно, так как вначале он имеет направление движения вдоль прямой AB , а последнее параллельно касательной плоскости к поверхности CD в точке C . Посмотрим теперь, какое и насколько большее стремление отдалиться от центра имеют тела, прикрепленные к вращающейся нити или колесу.



Рис. 40

Пусть колесо BG , вращающееся вокруг точки A как центра, будет параллельно горизонтальной плоскости; прикрепленный на краю его шарик (рис. 41) имеет, достигнув точки B , стремление улететь вдоль прямой BH , касающейся колеса в точке B :

так как если бы он был освобожден в этой точке и отлетел, то направился бы по прямой VH . Он не прекратил бы движения по этой прямой, если бы сила тяготения не притягивала его вниз, или движению его не помешало бы столкновение с другим телом. На первый взгляд трудно понять, почему нить AB так натянута, когда шарик стремится двигаться по перпендикулярной AB прямой VH . Но все делается ясным из следующего. Представим себе, что это колесо достаточно велико, так что оно легко может увлекать за собой стоящего в точке B человека, конечно, когда тот привязан так, чтобы его не сбросило. Пусть он держит в руке нить, на другом конце которой

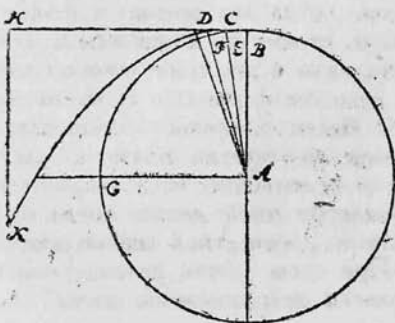


Рис. 41

щего. Представим себе, что это колесо достаточно велико, привязан свинцовый шарик. Нить будет испытывать благодаря вращательному движению такое же и столь же сильное натяжение, будут ли ее только держать таким образом или она будет продолжена до центра A и там закреплена.

Сейчас можно будет яснее увидеть причину, по которой она испытывает напряжение. Возьмем небольшие дуги BE , EF , составляющие очень незначительную часть всей окружности, приблизительно одну сотую часть или еще меньше. Эти дуги, как было выше описано, привязанный к колесу человек проходит в равные промежутки времени. Шарик же, если бы его отпустили, прошел бы за это же время отрезки прямой BC , CD , равные вышеупомянутым дугам, конечные точки которых C и D не лежали бы на прямых, проведенных через центр A и точки E и F , но несколько отстояли бы от этих точек по направлению к B . Теперь ясно, что если бы шарик был отрезан в точке B , он оказался бы в точке C , когда человек был бы в E , и что он бы пришел в D , когда тот попал бы в F . Поэтому мы можем говорить о наличии у шарика такого стремления.

Если бы, точки C и D лежали на продолжении прямых AE и AF , то шарик, наверное, стремился бы удалиться от человека по линии, проходящей из центра через точку, в которой он стоит, и именно так, что за первый малый промежуток времени шарик стремился бы удалиться от него на расстояние EC , во второй промежуток времени — на расстояние FD . Эти отрезки EC , FD и т. д. последовательно растут, как квадраты чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т. д. Они будут тем точнее совпадать

с числами этого ряда, чем меньше будут взяты дуги BE , EF , и поэтому можно принять, что вначале нет никаких отклонений. Следовательно, это стремление совершенно подобно тому, которое чувствуется, когда держат подвешенный на нити шарик, так как тогда он тоже стремится удалиться вдоль нити с подобно же ускоренным движением, так что он также проходит в первый отрезок времени отрезок пути 1, за два — 4, за три — 9 и т. д. Таково было бы положение вещей, если бы точки D и C лежали на продолжении прямых AE и AF . Но так как они несколько смещены к B по отношению к вышеупомянутым прямым, то оказывается, что шарик стремится отдалиться от человека не вдоль продолжения радиуса, а по определенной кривой, касающейся радиуса в точке, в которой находится человек. Когда поверхность PQ , касающаяся колеса в точке B , укреплена в ней и вращается вместе с ней, то если открепить шарик от этой поверхности или колеса, он опишет относительно поверхности и точки B , продолжающих двигаться в прежнем направлении, кривую BRS , касающуюся продолженного и движущегося так же радиуса AB в точке B (рис. 42). Если мы хотим построить эту кривую, то нужно только обвести ниткой часть окружности BNM и протянуть ее конец по направлению к RS так, чтобы часть, которая охватывала часть окружности BNM , была все время туго натянута. При этом движении, как это легко доказать, она описывает своим наружным концом как раз вышеупомянутую кривую BRS . Эта линия имеет то свойство, что если через любую точку окружности, например N , провести касательную, которая пересечет кривую в точке R , то отрезок NR равняется дуге NB , как это с очевидностью следует из построения. Доказать нужно, что кривая и прямая AB соприкоснутся в точке B . Пусть касательная NR к окружности будет параллельна AB . Известно, что часть кривой BR целиком лежит между параллельными прямыми AB и NR , так как если взять на ней точку, например O , через которую проходит касательная к окружности VOL , то LO равно дуге LB и поэтому меньше, чем VL , касательная к этой же дуге. Следовательно, точка O должна лежать между точками V и L . То же самое можно доказать относительно любой взятой на BR точке. Если утверждать, что прямая BV касается кривой BR не в точке B , то можно было бы провести через B произвольную

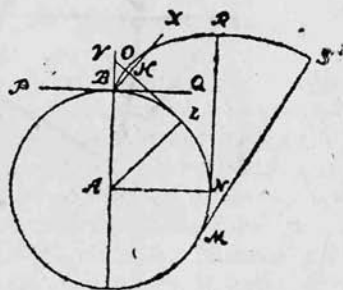


Рис. 42

натянута. При этом движении, как это легко доказать, она описывает своим наружным концом как раз вышеупомянутую кривую BRS . Эта линия имеет то свойство, что если через любую точку окружности, например N , провести касательную, которая пересечет кривую в точке R , то отрезок NR равняется дуге NB , как это с очевидностью следует из построения. Доказать нужно, что кривая и прямая AB соприкоснутся в точке B . Пусть касательная NR к окружности будет параллельна AB . Известно, что часть кривой BR целиком лежит между параллельными прямыми AB и NR , так как если взять на ней точку, например O , через которую проходит касательная к окружности VOL , то LO равно дуге LB и поэтому меньше, чем VL , касательная к этой же дуге. Следовательно, точка O должна лежать между точками V и L . То же самое можно доказать относительно любой взятой на BR точке. Если утверждать, что прямая BV касается кривой BR не в точке B , то можно было бы провести через B произвольную

прямую, которая была бы наклонена к BV под таким малым углом, что она не пересекает кривой BR . Проведем радиус AL , параллельный BK . Пусть LH будет перпендикулярно BK , следовательно и AL . Тогда LH равно синусу дуги BL и, следовательно, меньше этой дуги. Этой дуге, однако, равна прямая LHO , ограниченная точкой сопротивления L и кривой BR . Следовательно, часть кривой BR , на которой находится точка O , падает внутрь угла VBK , каким бы малым не представить себе этот угол. Отсюда следует, что прямая BK пересекает кривую и поэтому BV касается ее в точке B .

Так как, значит, увлекаемый колесом шарик стремится описать по отношению к радиусу, на котором он лежит, кривую, а именно кривую, которая касается радиуса, то благодаря этому импульсу нить натягивается так же, как будто шарик стремился двигаться вдоль продолжения нити.

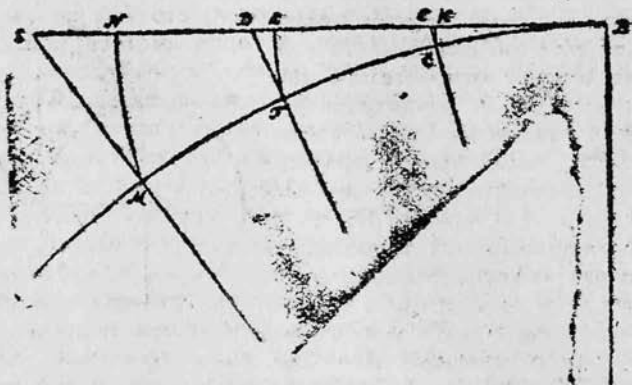


Рис. 43

Пути, которые проходит шарик по вышеупомянутой кривой за равномерно возрастающие промежутки времени, относятся, как квадраты ряда чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т. д. Именно тогда, когда мы рассматриваем лишь начало движения и ничтожно малые пути, как это видно на приведенном выше рисунке (рис. 43), где взяты равные дуги окружности BE , EF , FM и на касательной BS равные этим дугам отрезки BK , KL , LN ; EC , FD , MS , суть идущие от центра прямые. Значит, когда шарик отрывается от вращающегося колеса в точке B , то когда точка B попадала бы в E , шарик был бы в K и прошел бы небольшой отрезок описанной выше кривой EK ; по прошествии второго маленького промежутка времени, когда B пришло бы в F , шарик попал бы в L и прошел бы теперь отрезок кривой FL ; таким же образом шарик прошел бы отрезок кривой ML , когда

точка B очутилась бы в M . Эти отрезки кривых можно в известном отношении считать равными прямым EC , FD , MS , которых они касаются в начале отделения шарика от колеса; потому что могут быть взяты такие маленькие дуги от точки B , что разница между этими прямыми и дугами меньше по сравнению с их длиной, чем любая заданная величина.

Поэтому нужно считать, что отрезки EK , FL , MN возрастают как ряд квадратов чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т. д. И поэтому стремление шарика, прикрепленного к вращающемуся колесу, то же, которое он имел бы, если бы стремился двигаться по продолжению прямой, соединяющей с ним центр окружности колеса, ускоренным движением, при котором проходимые им расстояния увеличивались бы так же, как числа ряда: 1, 3, 5, 7 и т. д. Достаточно, чтобы эта прогрессия соблюдалась в самом начале, так как потом шарик может лететь согласно любым другим соотношениям или законам движения; это уже не имеет никакого отношения к стремлению, которое имелось при начале движения. Описанное стремление, однако, очень близко к тому, с которым стремится упасть подвешенное на нити тело. Отсюда мы также заключим, что центробежные силы неравных движущихся тел, увлекаемых, однако, по одинаковым окружностям с одинаковой быстротой, относятся друг к другу, как веса этих тел или как их массы. Так же как все тяжелые тела стремятся падать с одинаковыми скоростями и одинаковыми ускорениями и так как, далее, это стремление имеет тем большую силу, чем они больше, то тоже должно происходить и с телами, летящими из центра, импульс которых, как мы доказали, совершенно подобен стремлению, причиной которого является сила тяготения. Однако в то время как импульс к падению всегда один и тот же для одного и того же шарика, когда бы его не подвесить на нити, шарика тем меньше или больше, чем стремление увлекаемого по кругу шарика медленнее или быстрее вращается колесо. Остается еще исследовать величину или количество каждого импульса при различных скоростях колеса. А затем мы исследуем, с какой скоростью должно вращаться колесо для того, чтобы шарик так же натягивал свою нить, как если бы он вертикально висел на ней¹.

¹ Суть рассуждения Гюйгенса состоит в следующем (рис. 44).

Обозначим радиус кругового пути через r линейную скорость движе-

ния по кругу через v , угловую скорость через $\omega = \frac{v}{r}$

Время обращения $T = 2\pi r : v = 2\pi\omega$

Пусть тело, оторвавшееся в точке N , движется по касательной NPQ . За время t оно пройдет путь $Np = vt$, в то время как вращающийся наблюдатель за то же время пройдет дугу $Nb = \omega t$.

Предложение I¹

Если два равных тела проходят за равные промежутки времени неравные окружности, то центробежная сила при движении по большей окружности так относится к центробежной силе при движении по меньшей, как относятся окружности или диаметры.

Предложение II

Если равные тела, движущиеся с различной скоростью, но каждое равномерно, вращаются по одним и тем же или равным кругам или окружностям колеса, то сила, отдаляющая от центра то тело, которое движется быстрее, так относится к такой же силе, отдаляющей второе, движущееся более медленно, как квадраты их скоростей. Другими словами, если нити, удерживающие эти тела, пропустить вниз через центр колеса и на них навесить гири, служащие для уничтожения центробежной силы и точно

Как будет выглядеть движение оторвавшегося тела, отнесенного к системе координат OAB , вращающейся вместе с наблюдателем?

$$OA = PB = x; OB = AP \sphericalangle NOP = \alpha; NO = ra = vt$$

Нетрудно найти выражения x и y через r и d :

$$x = r(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha); \quad (1)$$

$$y = r(\alpha \sin \alpha + \cos \alpha - 1); \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{vt}{r} = \cot$$

Это и будет уравнение линии движения шарика, как оно будет представляться вращающемуся наблюдателю, — уравнение эвольвенты в параметрическом виде. Разлагая $\sin d$ и $\cos \alpha$ в ряд и, пренебрегая высшими степенями α , получаем:

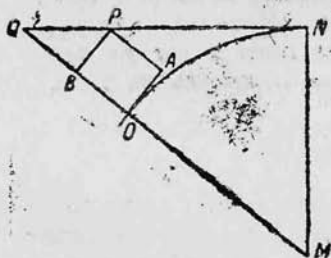


Рис. 44

$$\sin \alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{6} + \dots; \cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} + \dots$$

Подставляя в (1) и (2), получаем:

$$x = r \frac{\alpha^3}{3} = \frac{v^3}{3r^2} t^3; y = r \frac{\alpha^2}{2} = \frac{v^2}{2r} t^2.$$

Сравнивая выражения для тангенциального направления $y = \frac{v^2}{2r} t^2$

с формулой свободного падения $y = \frac{g}{2} t^2$, заключаем, что для достижения высоты $y = \frac{g}{2} t^2$ надо, чтобы тело имело радиальное (центробежное) ускорение $g = \frac{v^2}{r}$. См. примеч. 20-е изд. Ostwald's Klassiker, № 138.

¹ Идущие предложения (стр. 42 — 60) приводят я в настоящем сборнике без доказательства в. Прим. ред.

уравновешивающие ее, то эти пружины будут относиться, как квадраты скоростей.

Предложение III

Если два равных тела движутся с равными скоростями по неравным окружностям, то их центробежные силы обратно пропорциональны их диаметрам, так что для меньшего круга упомянутая сила больше.

Предложение IV

Если два равных тела, движущихся по неравным окружностям, имеют равные центробежные силы, то время, за которое тело проходит больший круг, так относится ко времени, за которое проходит меньший, как квадратные корни диаметров соответствующих окружностей.

Предложение V

Если тело движется по окружности со скоростью, равной скорости падения с высоты в четверть диаметра этого круга, то оно имеет центробежную силу, равную своему весу, т. е. натягивает нить настолько же, насколько натягивало бы ее, если бы висело на ней.

Предложение VI

При данной высоте, которую тело проходит при вертикальном падении из состояния покоя за определенный отрезок времени, например, за одну секунду, найти такой круг, при вращении по которому в горизонтальной плоскости и делая также полный оборот за одну секунду, тело имело бы центробежную силу, равную своему весу.

Предложение VII

По кривой поверхности параболоида вращения, ось которого вертикальна, тело, движущееся по горизонтальным параллельным кругам, проходит как большие, так и малые окружности за равные промежутки времени. Этот период обращения равен периоду двух колебаний маятника длиной в половину параметра образующей параболы.

Предложение VIII

Если два тела, подвешенных на неравных нитях, вращаются так, что описывают окружности в горизонтальной плоскости, причем один из концов нити остается неподвижным, и если оси

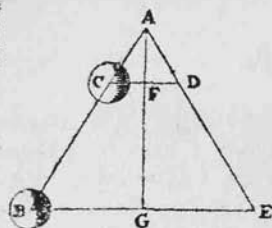


Рис. 45

или высоты конусов, боковая поверхность которых описывается при этом движением нитями, равны, то и времена, в которые каждое из этих тел совершает полное обращение, равны¹.

Предложение IX

Времена обращения по окружностям CD и BE , лежащим в горизонтальных плоскостях, относятся, при равном угле вращения CAD , как квадратные корни из длин нитей AC и AB .

Предложение X

Если два висящих на нитях тела любой величины описывают в горизонтальных плоскостях окружности, то времена обращения относятся, как квадратные корни высот конусов, боковую поверхность которых описывают нити.

Предложение XI

Если тело, подвешенное на нити, один конец которой находится в покое, описывает в горизонтальных плоскостях неравные окружности, то времена обращения по этим окружностям относятся, как корни квадратные из синусов углов, под которыми эта нить наклонена к горизонтальной плоскости.

Предложение XII

Если маятник, описывающий при движении конус, производит малые колебания, то время обращения так относится ко времени падения с высоты, равной двойной длине маятника, как окружность относится к диаметру, и поэтому равно времени двух малых поперечных качаний этого маятника

Предложение XIII

Если тело движется по кругу и совершает каждый оборот за то же время, за которое маятник длиной в половину диаметра этого круга, описывая конус, сделает один малый оборот или два малых боковых колебания, то оно имеет центробежную силу, равную своему весу.

² Предложения VIII — XV относятся к коническому маятнику.

Предложение XIV

Время оборота любого маятника, описывающего при движении конус, равно времени падения по вертикали с высоты, равной длине нити маятника, в том случае, когда угол, под которым нить наклонена к горизонтальной плоскости, равен приблизительно $2^{\circ}54'$. Точно однако же — когда синус упомянутого угла относится к радиусу, как вписанный в окружность квадрат относится к квадрату, периметр которого равен длине окружности.

Предложение XV

Если два маятника равного веса, но с неравной длиной нитей, описывают конусы и если высоты конусов равны, то силы, с которыми они натягивают свои нити, относятся как длины этих нитей.

Предложение XVI

Если простой маятник производит максимальные боковые колебания, т. е. если он полностью пробегает квадрант круга, то, проходя через нижнюю точку круга, он натягивает нить с втрое большей силой, чем если бы спокойно висел на ней.

Предложение XVII

Шарик, висящий на нити, прикрепленной в центре вертикально стоящего круга, не может вращаться по окружности этого круга, если нить не в состоянии выдержать груз, вшестеро больший подвешенного груза.

РЕНЕ ДЕКАРТ
НАЧАЛА ФИЛОСОФИИ,
1644 г.

CHRISTIANUS HUSENUS
PRINCIPIAE PHILOSOPHIAE

Начала философии Декарта написаны им по-латыни и появились впервые под заглавием «Principiae Philosophiae» в 1644 г. С этого текста был сделан в 1647 г. французский перевод одним из друзей Декарта, аббатом Пико. Приводимый в настоящем сборнике, перевод Сретенского. Перевод Н. Н. Сретенского, с предисловием проф. И. И. Ягодинского, 1914 г., Казань, сделан с французского текста, опубликованного в издании Декарта, Ш. Адама и П. Таннери ((Oeuvres de Descartes publiées par Ch. Adam et P. Tannery, Paris, 1904, т. IX, стр. 25 — 325).

Резюме параграфов и заглавия частей в русском переводе Сретенского не имеются и даются с издания П. Таннери.

«Начала философии» состоят из четырех частей:

Часть 1. О началах человеческого познания.

Часть 2. О началах материальных вещей.

Часть 3. О видимом мире.

Часть 4. О земле.

В настоящем сборнике оприводится вся вторая часть «Начал».

Письмо автора к французскому переводчику¹ «Начал философии», уместное здесь как предисловие
(Стр. 8—9)

...Чтобы цель, которую я имел при обнаружении этой книги, была правильно понята, я хотел бы указать здесь и порядок.

¹ Аббату Пико. . Прим. ред.

который, как мне кажется, должен соблюдаться для собственного образования. Во-первых, тот, кто владеет только обычным и несовершенным знанием, которое можно приобрести посредством четырех вышеуказанных способов, нуждается прежде всего в том, чтобы придумать какую-либо этику, которая служила бы в качестве жизненного правила, ибо это и не терпит замедления и должно быть первою заботою, дабы хорошо жить. Затем должно заняться логикой; но не той, какую получают в школах: эта, собственно говоря, есть лишь некоторого рода диалектика, которая учит только передавать другим уже известное нам и даже учит говорить, не рассуждая, о многом, чего мы не знаем; благодаря этому она скорее портит, а не улучшает хороший ум. Нет, сказанное относится к той логике, которая правильно учит управлять разумом для приобретения познания еще не известных нам истин; так как эта логика особенно зависит от подготовки, то, чтобы ввести в употребление присущие ей правила, полезно долго практиковаться в более легких вопросах, как, например, в вопросах математики. После того как будет приобретена известная легкость в правильном разрешении этих вопросов, должно серьезно отдаться истинам философии, первой частью которой является метафизика, где содержатся начала познания. Среди них встречается объяснение главных атрибутов бога, нематериальности нашей души, равно и всех остальных ясных и простых понятий, какими мы обладаем. Вторая часть — физика; в ней, после того как найдены истинные начала материальных вещей, исследуется вообще, как образован весь мир; затем, особо, как сама природа земли и всех остальных тел, находящихся около земли, как, например, воздух, вода, огонь, магнит и иные минералы. Далее должно по отдельности исследовать природу планет, животных, а особенно людей, чтобы удобнее было обратиться к открытию прочих полезных истин. Вся философия подобна как бы дереву, корни которого — метафизика, стволы — физика, а ветки из растущих на стволе почек — все прочие науки, сводящиеся к трем главным: медицине, механике и этике. Под последнюю я разумею высочайшую и совершеннейшую науку о правах; она предполагает полное знание других наук и есть последняя ступень к высшей мудрости. Подобно тому как плоды собирают не с корней и не со ствола дерева, а только с концов его ветвей, так и особенная полезность философии зависит от ее частей, которые могут быть изучены только под конец.

(Стр. 11—13)

... Чтобы выяснить, в чем, на мой взгляд, состоит моя заслуга, я скажу здесь, какие, по моему мнению, плоды могут быть собраны с моих «Начал». Первый — удовольствие, испытываемое

мое тем, кто здесь найдет много до сих пор не известных истин; ведь хотя истины часто не столь сильно действуют на наше воображение, как ложь и выдумки, ибо истина кажется менее изумительной и более простой, однако радость, приносимая ею, длительнее и основательнее. Второй плод — это то, что усвоение данных «Начал» понемногу приучит нас правильнее судить обо всем встречающемся и таким образом становиться более рассудительными: результат — прямо противоположный тому, какой производит обычная (*vulgaris*) философия. Легко подметить в так называемых педантах, что они столь мало делают себя причастными здравому рассудку, как если бы никогда с ним не соприкасались. Третий плод — тот, что истины, содержащиеся в «Началах», наиболее очевидны и верны и устраняют всякое основание для споров, тем самым располагая умы к кротости и согласию; совершенно обратное вызывают школьные контroversии, так как они мало-помалу делают учащихся бессмысленными спорщиками и упрямыми и, понятно, становятся первыми причинами ересей и разногласий, какие теперь повсюду на ходу. Последний и главный плод этих «Начал» состоит в том, что, разрабатывая их, можно открыть великое множество истин, которых я сам не излагал, и, таким образом, переходя постепенно от одной к другой, со временем притти к полному познанию всей философии и к высшей ступени мудрости. Ибо, как видим во всех науках, хотя вначале последние грубы и несовершенны, однако благодаря тому, что содержат в себе нечто истинное, удостоверяемое результатами опыта, они постепенно совершенствуются; точно так же и в философии, раз мы имеем истинные начала, не может статься, чтобы при проведении их мы не попали когда-нибудь на другие истины. И всего лучше можно засвидетельствовать ложность аристотелевых принципов, если указать, что благодаря им в течение многих веков, когда ими пользовались, нельзя было произвести никакого поступательного движения в познании вещей. От меня не скрыто, конечно, что существуют люди столь стремительные и, сверх того, столь мало осмотрительные в своих поступках, что, имея даже основательнейший фундамент, они не в состоянии построить на нем ничего достоверного. А так как они обычно склонны к писанию книг, то могут в скором времени разрушить весь проложенный мною путь и ввести в мой философский метод недостоверность и сомнительность (с изгнания чего я с величайшей заботой и начал), если их писания будут принимать за мои или за такие, которые якобы полны моих убеждений. Недавно я испытал это от одного из тех, о ком говорят как о моем ближайшем последователе; о нем я даже где-то писал, будто настолько разделяю его умонастроение, что не думаю, чтобы он держался какого-либо мнения, ко-

торое я не пожелал бы признать за свое собственное. Между тем в прошлом году он издал книгу под заголовком «Основания физики»¹. Хотя, повидимому, в ней нет ничего касающегося физики и медицины, чего он не взял бы из моих обнародованных трудов, а также из незаконченной еще работы «О природе животных», попавшей к нему в руки, однако в силу того, что он плохо переписал, изменил порядок изложения и пренебрег некоторыми метафизическими истинами, которыми должна быть пронизана вся физика, я намереваюсь совершенно отторгнуть его от себя и просить читателей никогда не приписывать мне какого-либо мнения, если не найдут его выраженным в моих произведениях; и пусть читатели не принимают за верное никакого мнения ни в моих, ни в чужих произведениях, если не увидят, что эти мнения яснейшим образом выводятся из истинных начал.

И я знаю, что может пройти много веков, прежде чем из этих начал будут выведены все истины, какие оттуда можно извлечь, так как истины, какие должны быть найдены, в значительной доле зависят от отдельных опытов; последние же никогда не проявляются случайно, но должны быть изыскиваемы проищательными людьми с заботливостью и с издержками. Ведь не всегда случится, что те, кто способен достойно произвести опыты, приобретут к тому возможность; а также многие из тех, кто выделяется способностями, составляют дурное воззрение по общей философии, как это заметно по ошибкам, сделанным в том, что до сей поры пользовалось значением. Следовательно, они никогда не смогут направить ум к достижению лучшего. Но кто, в конце концов, уловит различие между моими началами и началами других, а также то, какой ряд истин отсюда можно извлечь, те убедятся, как важны эти начала в разыскивании истины и до какой высокой степени мудрости, до какого совершенства жизни, до какого счастья могут довести нас эти начала. Смело верить, что не найдется никого, кто не пошел бы навстречу столь полезному для него занятию или, по крайней мере, кто не сочувствовал бы и не желал бы всеми силами помочь плодотворно трудящимся. Вот все мои пожелания: пусть наши потомки когда-либо увидят счастливое наступление такого времени.



¹ Здесь идет речь об ученике Декарта, Анри Режи, исказившем некоторые данные специальных анатомических исследований Декарта (учение о мускулах) и отклонившемся от строгого соблюдения метафизических принципов (в учении о природе человека). «Fundamenta Physices» появились в 1645 г., а позднее, в конце 1647 года, Режи публично выступил с программой своих тезисов, отличных от учения Декарта, и последнему пришлось отвечать обстоятельными «заметками к программе» и т. д.
Прим. перев

{Стр. 40—67)

Какие причины заставляют нас с уверенностью сказать, что существуют тела?

I. Хотя каждый достаточно убежден в существовании материальных вещей, однако ввиду того, что это существование несколько ранее было нами заподозрено и причислено к предрассудкам раннего возраста, теперь следует выискать основания, по которым оно достоверно нами познается. Ведь все, что мы ощущаем, несомненно является у нас от какой-то вещи, отличной от нашей души. И не в нашей власти сделать так, чтобы одно ощущать предпочтительно перед другим; это всецело зависит от вещи, возбуждающей наши чувства. И можно задаться вопросом, бог ли та вещь или нечто отличное от бога. Но мы ощущаем, или, вернее, будучи побуждаемы чувством, ясно и отчетливо воспринимаем некоторую протяженную в длину, ширину и глубину материю, различные части которой, будучи наделены известными фигурами, различным образом движутся и даже вызывают у нас различные ощущения цветов, запахов, боли и т. п. Если бог непосредственно через самого себя вызывает в нашем уме идею такой протяженной материи или лишь делает так, что идея эта вызывается какою-либо вещью, не обладающей ни протяжением, ни фигурой, ни движением, то невозможно подобрать, ни единого довода, почему не считать нам бога обманщиком. Между тем мы ясно понимаем, что материя — вещь, совершенно отличная и от бога и от нас, т. е. от нашей души; и нам кажется ясным, что идея материи привходит в нас от вещей внешнего мира, которым эта идея вполне подобна. Природе же бога явно противоречит, чтобы он был обманщиком, как то было замечено уже раньше. Отсюда и должно вообще заключить, что существует некоторая вещь, протяженная в длину, ширину и глубину и имеющая все свойства, какие мы ясно воспринимаем как присущие протяженной вещи. Вот это-то и есть вещь протяженная, которую мы называем телом или материей.

Откуда мы также знаем с том, что наша душа связана с одним определенным телом?

II. Подобным же образом, наблюдая внезапное появление боли и иных ощущений, можно заключить, что одно определенное тело связано с нашим духом теснее, чем прочие тела. Душа сознает, что указанные ощущения появляются не только от нее

одной, и сознает также, что доходить до нее они могут не потому исключительно, что она — вещь мыслящая, но лишь благодаря ее соединению с какой-то иной протяженной и движимой вещью: последняя именуется человеческим телом. Впрочем, более обстоятельное изложение этого вопроса здесь не уместно.

Что наши чувства не учат нас природе вещей, но только тому, в чем они полезны или вредны нам

III. Для нас достаточно будет заметить, что восприятия чувств относятся только к этому союзу человеческого тела с душой, и хотя они обычно сообщают нам, в чем могут быть вредны или полезны для этого союза внешние тела, однако только иногда и случайно учат, каковы тела сами по себе. Итак, мы отбросим предрассудки чувств и воспользуемся здесь одним рассудком, со вниманием обратив его к идеям, заложенным в него природою.

Что не вес, не твердость, не цвет и т. д. являются существом тела, но одна лишь протяженность

IV. Поступая так, мы убедимся, что природа материи, т. е. тела, рассматриваемого вообще, состоит не в том, что тело — вещь твердая, весомая, окрашенная или как-либо иначе возбуждающая чувства, но лишь в том, что оно — вещь протяженная в длину, ширину и глубину. Ибо о твердости чувство оповещает нас лишь тем, что частицы твердых тел сопротивляются движению наших рук, наталкивающихся на тело; если бы, с приближением наших рук к телу, частицы последнего отступали назад с присущей им скоростью, то мы никогда не ощущали бы твердости. И однако нельзя себе представить, будто тела, отодвигающиеся подобным образом, лишены того, что составляет природу тела: следовательно, эта природа не состоит в твердости. На том же основании можно показать, что и цвет и все подобного рода качества, ощущаемые в телесной материи, могут быть изъяты из последней, в то время как она остается в целости. Отсюда следует, что ее природа не зависит ни от одного из указанных свойств.

Что эта истина затемнена мнениями, которыми теперь увлечены относительно разрежения и пустоты

V. Остаются еще две причины сомневаться, состоит ли истинная природа тела исключительно в протяжении: во-первых, многими утверждается, будто большинство тел можно так разрезать или сгущать, что разреженные тела приобретут большее протяжение, чем сгущенные, и находятся некоторые до того тошкис умы, что различают субстанцию тела и его количество,

а последнее отличают от протяжения. Во-вторых, если мы где-либо предполагаем протяжение в длину, ширину и глубину, мы не утверждаем обычно наличности там тела, но говорим только о пространстве, даже о «пустом пространстве»; а это последнее, как почти все убеждены, есть чистое ничто.

Как] происходит разрежение

VI. Но что касается разрежения или сгущения, то, вникнув в свои мысли и не желая допускать ничего, помимо ясно воспринимаемого, каждый откажется видеть в разрежении и сгущении что-нибудь иное кроме изменения фигуры. Изменение это таково, что разреженными оказываются те тела, между частицами которых существует много промежутков, заполненных другими телами; более же плотными тела становятся вследствие того, что их частицы, сближаясь, уменьшают или совершенно уничтожают эти промежутки. Когда произойдет такое исчезновение промежутков, дальнейшее уплотнение сгущенного тела станет невозможным. Но и в этом случае тело остается ничуть не менее протяженным, чем когда, при взаимной разделенности частиц, оно заполняет большее пространство, ибо протяжение, заключенное в порах и промежутках тела, оставляемых его частицами, никоим образом не может быть приписано ему самому, но должно быть приписано каким-либо другим телам, заполняющим эти промежутки. Так, видя губку, взбухшую от воды или иной жидкости, мы не считаем ее в отношении отдельных ее частей более протяженной, чем в том случае, когда она сжата и суха; в первом случае она имеет только более открытые поры и потому вытянута на большее пространство.

Что оно не может быть удовлетворительно объяснено иначе, чем оно объясняется здесь

VII. Право, я не вижу, что побуждает некоторых предпочитать говорить, будто разрежение происходит путем увеличения частиц, нежели выяснять разрежение на примере губки. Ибо, хотя при разрежении воздуха или воды мы не замечаем ни их пор, становящихся более пространственными, ни какого-либо нового тела, которое вступает для их заполнения, однако едва ли разумно измышлять ради буквального истолкования разрежения тела нечто совершенно непостижимое, вместо того чтобы из факта разрежения заключать к существованию в данных телах пор или промежутков, расширяющихся и заполняемых новым телом, хотя бы мы и не воспринимали чувствами этого нового тела. Ведь нет ли одного основания, которое принуждало бы нас думать, будто все существующие вещи должны воз-

буждать наши чувства. А разрежение мы, быть может, все же легче представим себе именно этим, а не иным способом. И, наконец, совершенно нелепо, что нечто увеличивается от нового количества или нового протяжения без того, чтобы вместе с последним к нему не присоединялась новая протяженная субстанция, т. е. новое тело. Немыслимо никакое присоединение протяжения или количества без присоединения количественной и протяженной субстанции; это станет более ясным из дальнейшего.

Что величина не разнится от того, что велико, ни число от исчисленного иначе, чем в нашем понятии

VIII. Конечно, количество развится от протяженной субстанции не в самой вещи, но лишь в нашем понятии, как и число не разнится от исчисленного. Понятно, что мы можем мыслить всю природу телесной субстанции, заключенной в пространстве десяти шагов, не обращая внимания на самую меру десяти шагов, ибо совершенно одинаково понимается она и в любой части пространства и в его целом. И, обратно, можно понимать число, содержащее десять, и меру, содержащую десять шагов, не примышляя к ним определенной субстанции: ибо понятие числа «десять» остается совершенно одним и тем же, относись оно к этой мере десяти шагов или к чему-нибудь иному. Если сплошное количество десяти шагов и не может быть принимаемо помимо какой-либо протяженной субстанции, которой присуще количество, однако оно может быть понимаемо помимо данной определенной субстанции. Но по существу не может статься, чтобы уничтожилось хоть самое малое количество или протяжение без такого же уменьшения субстанции; и обратно, невозможно какое угодно уменьшение субстанции без того, чтобы не уничтожилось столько же количества и протяжения.

Что субстанция тел не может быть ясно понята без своей протяженности

IX. И хотя некоторые, может быть, говорят иначе, я не думаю, чтобы они иначе себе представляли дело; но они отличают субстанцию от протяжения или количества или разумеют под именем субстанции ничто, или же имеют только смутную идею субстанции бестелесной, ложно прилагая эту идею к телесной субстанции; тем самым эти лица покидают истинную идею протяжения телесной субстанции, называя ее акциденцией, и таким образом они выражают словами совсем не то, что воспринимают в душе.

X. Пространство, или внутреннее место отличается от телесной субстанции, заключенной в пространстве, нереально, но лишь по способу, каким обычно постигается нами. И, действительно, протяжение в длину, ширину и глубину, составляющее пространство, совершенно тождественно с тем протяжением, которое составляет тела. Разница в том, что протяжение в теле мы полагаем единичным (singulare) и считаем, что оно подлжит изменению всякий раз, как изменяется тело; протяжению же пространства мы приписываем только родовое единство и думаем, что при изменениях тела, заполняющего пространство, протяжение пространства не меняется, а пребывает одним и тем же, как скоро оно остается той же величины и фигуры, и сохраняет одно и то же положение по отношению к некоторым внешним телам, которыми мы определяем это пространство.

В каком смысле можно сказать, что оно не различается от тела, которое оно заключает

XI. И мы легко узнаем, что одно и то же протяжение составляет как фигуру тела, так и природу пространства, и что не больше тело и пространство друг от друга различаются, чем природа вида или рода различается от природы индивидуума. Обратясь к имеющейся у нас идее какого-либо тела, например камня, мы отбросим от нее все то, что, как мы сознаем, не принадлежит к природе тела, и, понятно, прежде всего отбросим твердость, потому что если камень разжижается или дробится на мельчайшие песчинки, то он лишается твердости, не переставая от этого, однако, быть телом; отбросим и цвет, так как часто видим камни настолько прозрачные, что цвет в них как бы вовсе отсутствует; отбросим и тяжесть, потому что хотя огонь исключителен по легкости, тем не менее он считается телом; и, наконец, отбросим холод и теплоту и все прочие качества, ибо, если даже не полагать их в камне или в его видоизменениях, мы все-таки не станем утверждать, будто камень потерял телесную природу. Следовательно, мы замечаем, что ничего не остается в идее тела, кроме понятия о протяженности последнего в длину, ширину и глубину; это самое содержится не только в идее пространства, заполненного телами, но и в идее того пространства, которое именуется нами «пустым».

В каком смысле оно отличается от него

XII. Однако здесь существует различие в способе нашего понимания, ибо, удаляя камень из пространства или с того

места, где он находится, мы полагаем также, что удаляем и протяжение камня, так что в этом случае рассматриваем протяжение как бы единственным в своем роде и от тела неотделимым; а между тем протяжение места, в котором был камень, мы считаем пребывающим одним и тем же, хотя то место камня занято уже деревом, водой или воздухом и т. д., либо предполагается пустым. Потому в подобном случае протяжение рассматривается вообще и считается одним и тем же для камня, дерева, воды, воздуха и иных тел или даже для самой пустоты, если она существует, лишь бы протяжение имело ту же величину и фигуру и служило тем же положением для внешних тел, определяющих данное пространство.

Что такое внешнее место

XIII. При этом самые названия: «место» или «пространство» — не обозначают ничего отличного от тела, про которое говорят, что оно «занимает место»: этим обозначают лишь его величину, фигуру и положение среди иных тел. Чтобы определить это положение, мы должны обратить внимание именно на эти другие тела, считая их притом неподвижными; а так как мы обращаем внимание на разные из них, то можем говорить, что одна и та же вещь в одно и то же время и меняет место и не меняет его. Так, когда корабль выходит в море, то сидящий на корме остается на одном месте, если имеются в виду части корабля, между которыми сохраняется одно и то же положение; и этот же самый субъект все время изменяет место, если иметь в виду берега, ибо корабль, отойдя от своих берегов, непрерывно приближается к другим. Сверх того, если мы учтем, что земля движется именно с запада на восток, а корабль продвигается между тем с востока на запад, то мы снова скажем, что субъект, сидящий на корме, не изменяет своего места; ведь мы в данном случае избираем определение места от каких-либо неподвижных небесных точек. Если, наконец, мы подумаем, что в мире не встречается совершенно неподвижных точек, что, как ниже будет указано, вероятно, то отсюда заключим, что нет никакого постоянного места для вещи, помимо того, которое определяется нашим мышлением.

Какая разница существует между понятиями „место“ и „пространство“

XIV. Однако названия «место» и «пространство» различаются, ибо «место» более выразительно обозначает положение тела, нежели величину и фигуру, тогда как, напротив, мы обращаемся более к последним, говоря о «пространстве». Мы часто говорим: одна вещь вступает на место другой, хотя бы она и не

была совершенно той же величины и фигуры; но тогда мы отрицаем, что она занимает одинаковое с первою вещью пространство. И всегда, когда вещь меняет это положение, мы говорим, что она меняет «место», хотя бы ею сохранялась та же величина и фигура. Если мы говорим, что вещь находится в таком-то месте, мы разумеем лишь то, что она занимает известное положение среди других вещей; когда же мы прибавляем, что вещь заполняет данное пространство или данное место, мы разумеем сверх того, что она обладает такою-то определенной величиной и фигурой.

Каким образом поверхность, окружающая тело, может считаться его внешним местом

XV. Следовательно, хотя мы всегда принимаем пространство за протяжение в длину, ширину и глубину, однако место рассматривается нами иногда как нечто внутреннее для вещи, занимающей данное место, а иногда как внешнее для нее. Внутреннее место, конечно, совершенно не то же, что пространство; внешнее же может быть принимаемо за поверхность, ближайшим образом окружающую предмет. Должно заметить, что под поверхностью я разумею здесь не какую-либо часть окружающего тела, но лишь границу между этим окружающим телом и тем, которое окружается. Она—не что иное как модус; или, вернее, поверхность, рассматриваемая вообще, не является частью ни того, ни другого из тел, но всегда мыслится как таковая, ибо удерживает одну и ту же величину и фигуру. Ведь хотя всякое окружающее тело изменяется в своей поверхности, тем не менее не считают, что окруженная вещь изменяет место, если она сохраняет то же самое положение между теми внешними телами, которые рассматриваются как неподвижные. Когда корабль с одной стороны подталкивается волнами, а с другой подгоняется ветром, то, если корабль не меняет своего положения относительно берегов, каждый вполне согласится, что корабль остается на том же месте, хотя бы и изменились все окружающие его поверхности.

Что не может существовать пустоты в том смысле, в котором это понимают философы

XVI. Пустого пространства в философском смысле слова, т. е. такого пространства, где нет субстанции, не может быть дано; это очевидно из того, что пространство как внутреннее место не отличается от протяжения тела. Поэтому из того только, что тело протяжено в длину, ширину и глубину, мы правильно заключаем, что оно—субстанция, ибо вообще нелепо, чтобы «ничто» обладало каким-либо протяжением. Относи-

Первый закон природы: каждое тело сохраняет состояние, в котором оно находится, до тех пор, пока что-нибудь не взмекнет его

XXXVII. А из этой неизменности бога могут быть познаны некоторые правила или законы природы: они суть частные или вторичные причины различных движений, замечаемых нами в отдельных телах. Первое из этих правил таково: всякая вещь, поскольку она проста и неделима, всегда остается сама по себе в одном и том же состоянии и изменяется когда-либо только от внешних причин.

Так, если некоторая частица материи квадратна, то мы легко убедимся, что она постоянно пребывает квадратною, пока откуда-либо не явится нечто, изменяющее ее фигуру. Раз эта часть материи покоится, мы не думаем, что она когда-либо начнет двигаться, если только не окажется какой-нибудь извне побуждающей ее причины. Не больше оснований полагать, что раз она движется, то добровольно и не побуждаемая ничем иным прекратит свое движение. Отсюда должно заключить, что то, что движимо, поскольку оно существует само по себе, всегда движется. Но так как здесь мы говорим о земле, устройство которой таково, что все движения, происходящие вблизи нее, быстро замедляются и часто по причинам, которые неизвестны нашим чувствам, то с юных лет мы судим, что эти движения, замедляющиеся по причинам, нам не известным, прекращаются произвольно. И мы склоняемся к тому, чтобы судить обо всех случаях так, как, на наш взгляд, испытываем во многих случаях: именно, что движения по природе своей прекращаются, т. е. стремятся к покою. Это, конечно, как нельзя более противоречит законам природы; ибо покой противоположен движению, а ничто не может по собственной природе быть относимо к своей противоположности, т. е. к разрушению самого себя.

Почему тела, подтолкнутые рукой, продолжают двигаться после того, как рука отделилась от них

XXXVIII. И действительно, любой опыт с брошенным телом вполне подкрепляет наше правило. Ведь нет другого основания, почему брошенные тела сохранялись бы некоторое время

Лейбниц, «Рассуждения о динамике»; и его же мемуар «О достопамятной ошибке Декарта».

Впоследствии и сторонник Декарта Мальбранш ясно понял трудность формулировки закона сохранения движения, данной Декартом, если не принимать во внимание векториальности скорости. См. примечание к «Рассуждениям о динамике» Лейбница. Прил. ред.

в сосуде и не допустит никакое другое тело проникнуть на покинутое место, то на такой вопрос должно ответить: в таком случае стороны сосуда сомкнутся. Ведь когда между двумя телами ничего не пролегает, то они необходимо касаются друг друга, и явно шелепо, чтобы тела были отделены друг от друга, т. е. между ними как бы имелось расстояние и в то же время это расстояние было бы «ничто»; поэтому всякое расстояние есть модус протяжения и не может существовать без протяженной субстанции.

Что это подтверждает то, что было сказано о разрежении

XIX. После того как мы таким образом заметили, что природа телесной субстанции состоит лишь в том, что она — вещь протяженная, что ее протяжение не отличается от протяжения, приписываемого обычно сколь угодно пустому пространству, — мы легко поймем невозможность того, чтобы одна из частей этого телесного протяжения занимала в одном случае большее пространство, нежели в другом, разрезаясь иначе, чем вышеописанным способом. Поймем мы невозможность и того, чтобы больше присутствовало в сосуде материи, т. е. телесной субстанции, когда сосуд наполнен свинцом, золотом или иным сколь угодно тяжелым и твердым телом, чем когда только воздух содержится в сосуде и последний считается пустым; ибо количество частей материи зависит не от ее тяжести или твердости, но исключительно от протяжения, всегда одинакового в одном и том же сосуде.

Что не могут существовать никакие атомы, или неделимые маленькие тела

XX. И мы признаем, что невозможно существование каких-либо атомов, т. е. частей материи, неделимых по своей природе. Раз они существуют, то необходимо должны быть протяженны, сколь малыми ни предполагались бы; ни одной из них невозможно мысленно разделить на две или большее число частей, тем самым не приписав им реального деления; и поэтому, если мы судили, что эти первоначальные частицы неделимы, то наше суждение разошлось с мышлением. Если даже мы и вообразим, будто бог пожелал сделать так, чтобы какая-нибудь частица материи не могла быть разделена на иные меньшие, то такая частица не должна однако называться собственно неделимою. Ведь бог сделал так, что частица не может быть разделена ни одною из его тварей, а не то, чтобы он мог отнять от самого себя эту способность делить; ибо совершенно невозможно, чтобы бог уменьшил собственную свою мощь; мы это уже заметили

в движении, отделившись от бросающей руки, кроме основания, что однажды двинутые тела продолжают двигаться, пока не задержатся встречными телами. И ясно, что они обычно постепенно задерживаются воздухом или иными текучими телами, среди которых движутся, а потому их движение не может быть продолжительным. Что воздух сопротивляется движениям других тел, можно испытывать путем осязания, если сотрясать воздух опахалом: то же подтверждает полет птиц. И нет другой жидкости, которая еще яснее, чем воздух, сопротивлялась бы движениям брошенных тел.

*Второй закон природы:
всякое движущееся тело
стремится продолжать свое
движение прямолинейно*

XXXIX. Второй закон природы таков. Каждая частица материи, рассматриваемая в отдельности, всегда стремится продолжать движение не по какой-либо кривой линии, а исключительно по прямой, хотя многие из частиц начинают отклоняться от этого пути в силу встречи с иными частицами и, значит, как было сказано раньше, во всяком движении образуется некоторого рода круг из всей одновременно движущейся материи. Причина этого закона та же, что и предыдущего, а именно, простота и неизменность акта, помощью которого бог сохраняет движение в материи. Он сохраняет движение только таким, каково оно в данный момент, безотносительно к тому, каким оно случайно было немного ранее. И хотя нет движения, которое происходило бы одновременно, ясно-однако, что всё, движущееся в различные моменты, которые могут быть отмечены во время движения, предопределено направлять свое движение в какую-либо сторону по прямой линии, но отнюдь не по кривой.

Так, например, камень A , вращаемый в праще EA по кругу ABF , в момент прохождения через точку A определен, конечно, в движении в некотором направлении, и именно в направлении по прямой к C , т. е. так, что прямая AC будет касательной к кругу. Нельзя представить, что камень определен к какому-нибудь криволинейному движению. Ибо, если сначала он и направлялся из L к A по кривой линии, то ничего из этой кривизны не могло остаться, когда он достиг точки A . И опыт подтверждает это, потому что как только камень выпадает из пращи, он будет продолжать движение в направлении к C , а не к B . Отсюда следует, что всякое тело, движущееся по кругу, стремится отойти от центра описываемого круга. Это мы чувствуем по самой руке, когда вращаем



Рис. 50

звук. Поэтому, абсолютно говоря, подобная часть материи остается делимой, ибо она такова по своей природе.

Что протяжение вселенной бесконечно

XXI. Сверх того, мы узнаем, что этот мир или совокупность телесной субстанции не имеет никаких пределов для своего протяжения. Ведь даже придумав, что существуют где-либо его границы, мы не только можем вообразить неопределенно протяженные пространства за этими границами, но и воспринимаем их воображимыми, т. е. реально существующими; отсюда и воображаем их содержащими неопределенно протяженную телесную субстанцию. Ведь, как уже подробно показано, идея того протяжения, которое мы воспринимаем в каком-либо пространстве, совершенно тождественна с идеею телесной субстанции.

Что земля и небо состоят из одной и той же материи и что не может существовать несколько миров

XXII. Легко отсюда заключить, что материя неба не разнится от материи земли. И вообще, если бы миры были бесконечны, то они необходимо состояли бы из одной и той же материи; и, следовательно, не многие миры, а один только может существовать, ибо мы ясно понимаем, что материя, природа которой состоит лишь в ее протяженности, воображимой во всяких вообще пространствах, где те иные миры должны быть даны, — такая материя уже использована, а идеи какой-либо иной материи мы у себя не находим.

Что все разнообразие материи зависит от движения ее частей

XXIII. Следовательно, во всем мире существует одна и та же материя: она познается только через свою протяженность. Все свойства, ясно воспринимаемые в материи, сводятся единственно к тому, что она дробима и подвижна в своих частях и, стало быть, повинна во всех тех возбуждениях, которые, согласно нашему восприятию, могут следовать из движения ее частей. Дробление материи, производимое только мыс изменяет; всякое изменение материи или разлития зависит от движения. Это было уже отмечено и рили, что основа природы — движение и покой здесь разумели то, благодаря чему все телесные вятся такими, какими мы их воспринимаем.

XXIV. Но движение (разумеется местное: оно одно только составляет предмет моих размышлений; и не думаю, чтобы нужно было измышлять в природе вещей какое-либо иное) — движение, говорю, в обычном понимании этого слова, есть не что иное как действие, путем которого данное тело переходит с одного места на другое. И подобно тому как, — что напоминалось выше, — относительно одной и той же вещи в одно и то же время можно полагать, что она и меняет и не меняет свое место, также можно сказать: вещь движется и не движется. Так, кто сидит на корабле, выходящем из гавани, тот, конечно, считает себя движущимся, если осматривается по берегам и представляет себе их неподвижными; но он думает противное, взирая на корабль, части которого все время сохраняют одинаковое расположение. И поскольку мы обычно полагаем, что во всяком движении присутствует действие, а в покое — прекращение действия, здесь даже более уместно говорить о покое, чем о движении, так как никакого действия данный субъект в себе не чувствует.

Что по истине есть движение?

XXV. Если, исходя не столько из обычного словоупотребления, сколько из истинного положения вещей, мы обдумаем, что нужно понимать под движением, чтобы приписать ему определенную природу, то мы можем сказать, что оно есть *перемещение одной части материи или одного тела из соседства тех тел, которые его непосредственно касались и рассматривались как бы покоящимися, в соседство других тел.* Под одним телом или под одной частью материи я понимаю здесь все то, что переносится совместно; хотя опять-таки это самое тело может состоять из многих частиц, сами по себе имеющих иные движения. Говорю же я — «перемещение», а не сила или действие с той целью, чтобы указать, что движение всегда существует в движущемся, а не в движущем, тогда как эти две вещи обычно не достаточно тщательно различают, а также с целью указать, что движение есть только модус, а не какая-либо существующая вещь, подобно тому, как фигура есть модус вещи, обладающей фигурой (*modus rei figuratae*), а покой — модус покоящейся вещи.

Что для движения требуется не больше действия, чем для покоя

XXVI. При этом должно заметить, что, предполагая в движении больше действия, нежели в покое, мы впадаем в сильный

предрассудок. Мы с детства убедили себя, что наше тело обычно движется нашею волею, непосредственно нами сознаваемою, а покоится только потому, что притягивается к земле собственною тяжестью, силы которой мы однако не чувствуем. А так как, конечно, эта тяжесть и многие иные, не замеченные нами причины создают сопротивление движениям, которые мы хотели бы произвести в наших членах, и вызывают утомление, то мы полагаем, что необходимы большее действие или большая сила для начала движения, чем для его прекращения, именно, принимая действие как то усилие, которым пользуются, чтобы передвинуть наши члены и с их помощью другие тела. Однако мы легко уничтожим этот предрассудок, если подумаем, что усилие необходимо нам не только для того, чтобы продвинуть внешние тела, но часто и для того, чтобы остановить их движение, когда тела не останавливаются силой тяжести или по иной причине. Так, например, мы пользуемся не большим движением, чтобы двинуть корабль, покоящийся в стоячей воде, чем чтобы внезапно остановить его, когда корабль движется,—или по крайней мере немного большим; здесь не приняты в расчет тяжесть окружающей воды и ее плотность, которые могут мало-по-малу остановить движение.

Что движение и покой суть не что иное как два различных состояния тела

XXVII. А так как это происходило бы не от того действия, которое, по нашему пониманию, существует в движущемся или в прекращающемся движении теле, но от одного перемещения и отсутствия перемещения, т. е. покоя, то ясно, что это перемещение не может быть вне движущегося тела и что это тело находится в одном состоянии, когда переносится, и в ином, когда не переносится, т. е. покоится: значит, движение и покой суть не что иное как два различных модуса тела.

Что движение в собственном смысле этого слова относится только к тем телам, которые соприкасаются с движущимся телом

XXVIII. Сверх того я прибавил, что перемещение совершается из соседства одних соприкасающихся тел в соседство других, но не из одного места в другое; ведь, как я изложил выше, значения слова «место» различны и зависят от нашего мышления. Но когда под движением тела разумеется его перемещение из соседства соприкасающихся тел, то благодаря тому, что в данный момент времени только одни определенные тела могут соприкасаться с движимым телом, этому последнему возможно приписать одновременно только одно движение.

*И даже, что оно отко-
сится лишь к тем из сопри-
касающихся тел, которые мы
считаем находящимися в по-
кое*

XXIX. Наконец, я прибавил, что такое перемещение совер-
шается из соседства не всех каких угодно соприкасающихся тел,
но только из соседства тех, которые рассматриваются как по-
коящиеся. Самое же перемещение взаимно, и нельзя мыслить
тела AB переходящим из соседства с телом CD , не подразумевая
вместе с тем перехода CD из соседства с AB . Одни и те же
силы и действие требуются как с той, так и с другой стороны.
Поэтому, если мы хотим приписать движению особенную, только
ему свойственную природу, то, в случае перемещения других
смежных тел, одного в одну сторону, другого в другую, благо-
даря чему тела как бы взаимно разделяются, мы скажем, что
движение одинаково существует в обоих телах. Но это суждение
слишком далеко отходит от обычного способа выражения. При-
выкнув стоять на земле и считать последнюю покоящейся, мы
если и видим, что отдельные ее части, смежные с иными мел-
кими телами, переходят из этого соседства, не считаем однако,
что сама земля движется.

*Отчего мы приписываем
движение, разделяющее два
соприкасающихся тела, од-
ному из них, а не другому*

XXX. Главное основание этого убеждения состоит только
в том, что движение мыслится присущим целому движущемуся
телу, и таким образом не может мыслиться движение всей земли
ввиду перенесения некоторых частей, последней из соседства
меньших тел, с которыми они соприкасаются,
ибо часто наблюдаются на самой земле мно-
гочисленные взаимно противоположные пере-
мещения такого рода. Например, если тело
 $EFGH$ — земля, и на ней одновременно дви-
жутся: тело AB от E к F и тело CD от H
к G , то хотя тем самым части земли, сопри-
касающиеся с телом AB , переносятся от B
к A и для их перемещения должно быть дано
в них действие не меньшее и такой же при-
роды, как в теле AB , — мы, однако, не при-
нимаем в расчет, что земля движется от B к A , т. е. с запада
на восток. Ведь в таком случае из того, что части земли, смеж-
ные с телом CD , переносятся от C к D , должно было бы с рав-
ным основанием заключать, что земля движется в иную сторону,
с востока на запад; а это были бы два противоположных дви-
жения. Следовательно, чтобы не отступать чрезмерно от обыч-



Рис. 43

ного словоупотребления, мы не скажем, что движется земля, а будем говорить лишь о движении тел AB и CD ; так и в иных случаях. Но при этом мы будем помнить, что все реальное и положительное в движущихся телах, благодаря чему они и называются движущимися, находится также в других, соприкасающихся с первыми телами, хотя однако последние рассматриваются как покоящиеся.

Как могут существовать несколько различных движений в одном и том же теле

XXXI. Хотя каждое тело имеет лишь одно свойственное ему движение, ибо понимается как удаляющееся только от одних соседних с ним и покоящихся тел, однако оно может принимать участие в других бесчисленных движениях, если, конечно, составляет часть иных тел, обладающих другими движениями. Так, если кто-нибудь, гуляя по кораблю, имеет в кармане часы, то колесики часов движутся так, как свойственно только им одним; но они причастны и еще иному движению, поскольку, будучи отнесены к гуляющему человеку, составляют одну с ним материальную массу; причастны они и второму движению, поскольку будут отнесены к плывущему по морю кораблю; и третьему, поскольку будут отнесены к этому самому морю; и, наконец, четвертому, поскольку будут отнесены к самой земле, если, конечно, вся земля движется. Всеми этими движениями наши колесики действительно будут обладать; но ввиду трудности зараз мыслить столь многочисленные движения и ввиду того, что не все из них могут быть познаны, достаточно полагать в теле только одно движение, ближайшим образом ему принадлежащее.

Каким образом единое движение в собственном смысле этого слова, которое едино в каждом теле, может также рассматриваться как несколько движений

XXXII. Кроме того единое движение каждого тела, свойственное последнему, может быть рассматриваемо наподобие многих движений. Так, в колесах колесницы мы различаем два разных движения: одно—круговое, по оси, другое—продольное, по пути движения колесницы. Но что оба эти движения не различаются в действительности, ясно из того, что любая точка движущегося тела описывает лишь одну определенную линию. Неважно, что эта линия часто слишком запутана и потому кажется результатом множества различных движений, ибо можно представить, что всякая, даже прямая линия, простейшая из всех, возникла из бесчисленных различных движений. Так, например, если линия AB движется к CD и одновременно A при-

ближается к B , то прямая, описываемая этой точкой A , зависит от двух прямых движений (A к B и AB к CD) не менее, чем кривая линия, описываемая точкой колеса, зависит от прямого и кругового движения. Поэтому, хотя часто полезно разделять подобным образом одно движение на многие части, абсолютно говоря, каждому телу должно причитаться одно только движение.

Каким образом при всяком движении до жгн существовать целый круг или кольцо тел, двигающихся совместно

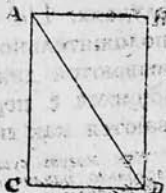


Рис. 47

XXXIII. Но, как замечено выше, все пространство заполнено телами и количество одних и тех же частиц материи в равных местах всегда равно; отсюда следует, что ни одно тело не может двигаться иначе как по кругу, т. е. таким образом, что оно изгоняет какое-либо иное тело с того места, куда вступает, а это второе тело изгоняет третье, а это—четвертое и так до последнего тела, вступающего на место, оставленное первым телом, в тот самый момент, когда место оставлено. Это легко мыслить в совершенном круге, ибо мы увидим, что там нет ни пустоты, ни сгущения или разрежения, когда частица круга A движется по направлению к B , в то время как частица B движется к C , C к D , а D к A (рис. 48). То же самое можно

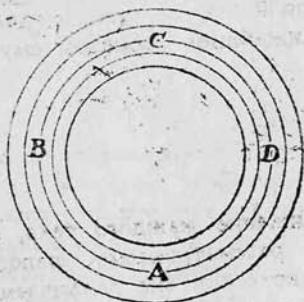


Рис. 48

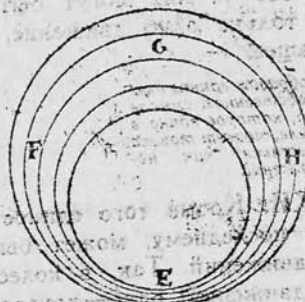


Рис. 49

мыслить и в несовершенном и сколь угодно неправильном круге, раз замечено, при каких условиях все неровности мест могут возмещаться разницей в скорости движения. Так, вся материя, заключенная в пространстве EF, GH (рис. 49), может кругообразно двигаться без сгущения или образования пустоты, и в то время как ее частица, направляющаяся к E , переходит из G , та, которая направляется к G , переходит из E ; а переходят

гицы таким образом, что если пространство в G предполагается вчетверо шире, чем в E , и вдвое шире, чем в F и H , то астица движется в E с учетверенной скоростью относительно скорости в G и с удвоенной скоростью относительно скорости в F и H . Следовательно, при прочих равных условиях быстрота движения возмещает узость места. При этом условии в любое определенное время через каждую из частей этого круга проходит одинаковое количество материи.

Что отсюда следует, что материя разделяется на части неопределенные и бесконечные.

XXXIV. Должно, однако, признать, что в этом движении находится нечто такое, что наша душа воспринимает как действительно существующее, хотя и не понимает, как оно происходит; это именно деление некоторых частей материи до бесконечности или неопределенное деление, т. е. деление на столько частей, что мы никогда не можем мысленно установить такой малой части, чтобы не понимать, что она делима на иные и того меньшие части. Не может случиться, чтобы материя, уже заполняющая пространство G , последовательно заполняла все неисчислимо меньшие пространства между G и H , если только какая-либо из ее частиц не приспособит свою фигуру к бесчисленным мерам этих пространств; а раз так случается, то необходимо, чтобы вообразимые ее частицы, по истине неисчислимы, хоть немного взаимно отодвигались; подобное сколь угодно малое передвижение и будет истинным делением.

Что мы не можем сомневаться в том, что это разделение происходит, хотя и не можем понять его.

XXXV. Но должно заметить; что я говорю здесь не о всей материи; а лишь о некоторой ее части. Ведь хотя мы положим, что в G находятся две или три частицы материи ширины, равной ширине E , а также много значительно меньших остающихся неделимыми частиц, тем не менее кругообразное движение материи к E возможно мыслить в том только случае, когда с этими частицами смешаны иные, которые сколь угодно сгибаются и так изменяют свою фигуру, что, будучи связаны с частицами, не изменяющими своей фигуры, а лишь приспособляющими скорость к условиям занятия места, тщательно заполняют все незанятые теми частицами углы. И хотя мы не можем постичь способ, каким совершается это деление до бесконечности, мы не должны однако сомневаться, что оно совершается; ибо мы ясно понимаем, что это деление необходимо следует из природы материи, яснейшим образом нами познанной; и мы понимаем даже,

что движение материи принадлежит к роду вещей, которые на-
шею конечною душой не могут быть охвачены.

*Что бог есть первопричина
движения и что он сохра-
няет постоянное количество
его во вселенной*

XXXVI. Отметив таким образом природу движения, важно
обсудить его причину; а она двойка: во-первых, общая и пер-
вичная причина всех движений, существующих в мире, а затем
частная; в силу последней случается, что отдельные частицы
материи приобретают такие движения, какими прежде не обла-
дали. Что касается общей причины, то, мне кажется, ясно, что
она — не что иное как сам бог. Он сотворил материю вместе
с движением и покоем и уже одним своим обычным содействием
сохраняет во всей ней то самое количество движения и покоя,
какое вложил в нее при творении. Хотя бы это движение было
только модусом в движимой материи, оно, однако, имеет извест-
ное и определенное количество; и мы легко понимаем, что оно
может оставаться всегда одним и тем же в отношении к сово-
купности всех вещей, хотя изменяется в отдельных частях мате-
рии; потому мы и думаем, что когда одна частица материи дви-
жется вдвое быстрее другой, а эта последняя по величине вдвое
больше первой, то столько же движения в малой, сколько и в
большой из частиц; и насколько движение одной частицы дела-
ется медленнее, настолько движение какой-либо иной делается
быстрее. И мы понимаем, что совершенством в боге является
не только то, что он неизменим сам по себе, но и то, что он
действует на возможно более постоянное и неизменное, значит,
исключая те изменения, верность которых утверждают ясный
опыт и божественное откровение, и которые мы представляем
происходящими без всякого изменения в самом творце, или
верим в то, — исключая все это, мы не должны предполагать в его
творении никаких иных изменений, чтобы отсюда тем самым не
утверждать в нем непостоянства. Отсюда, в силу одного того,
что бог при творении материи наделил отдельные части послед-
ней различными движениями, наиболее согласно с разумом бу-
дет полагать, что он сохраняет всю эту материю тем самым
образом и на том же основании, как создал, и что он после
удержит в ней то же самое количество движения¹.

¹ Декарт в сущности нигде точно не определяет, что он понимает
под количеством движения. Ряд мест, в том числе и переписка, заставляет
его предполагать, что он понимал под количеством движения выражение
mv (произведение массы на скорость). Но в этом выражении скорость
не понималась векториально, и это послужило источником ряда ошибок, на
которые правильно указал, разъяснив существо дела, Лейбниц. См. ниже

Первый закон природы: каждое тело сохраняет состояние, в котором оно находится, до тех пор, пока что-нибудь не взмешнет его

XXXVII. А из этой неизменности бога могут быть познаны некоторые правила или законы природы: они суть частные или вторичные причины различных движений, замечаемых нами в отдельных телах. Первое из этих правил таково: всякая вещь, поскольку она проста и неделима, всегда остается сама по себе в одном и том же состоянии и изменяется когда-либо только от внешних причин.

Так, если некоторая частица материи квадратна, то мы легко убедимся, что она постоянно пребывает квадратною, пока откуда-либо не явится нечто, изменяющее ее фигуру. Раз эта часть материи покоится, мы не думаем, что она когда-либо начнет двигаться, если только не окажется какой-нибудь извне побуждающей ее причины. Не больше оснований полагать, что раз она движется, то добровольно и не побуждаемая ничем иным прекратит свое движение. Отсюда должно заключить, что то, что движимо, поскольку оно существует само по себе, всегда движется. Но так как здесь мы говорим о земле, устройство которой таково, что все движения, происходящие вблизи нее, быстро замедляются и часто по причинам, которые неизвестны нашим чувствам, то с юных лет мы судим, что эти движения, замедляющиеся по причинам, нам не известным, прекращаются произвольно. И мы склоняемся к тому, чтобы судить обо всех случаях так, как, на наш взгляд, испытываем во многих случаях: именно, что движения по природе своей прекращаются, т. е. стремятся к покою. Это, конечно, как нельзя более противоречит законам природы: ибо покой противоположен движению, а ничто не может по собственной природе быть относимо к своей противоположности, т. е. к разрушению самого себя.

Почему тела, подтолкнутые рукой, продолжают двигаться после того, как рука отделилась от них

XXXVIII. И действительно, любой опыт с брошенным телом вполне подкрепляет наше правило. Ведь нет другого основания, почему брошенные тела сохранялись бы некоторое время

Лейбниц, «Рассужден. о динамике»; и его же мемуар «О достопамятной ошибке Декарта».

Впоследствии и сторонник Декарта Мальбранш ясно понял трудность формулировки закона сохранения движения, данной Декартом, если не принимать во внимание векториальности скорости. См. примечание к «Рассуждениям о динамике» Лейбница. *Прим. ред.*

в движения, отделившись от бросающей руки, кроме основания, что однажды двинутые тела продолжают двигаться, пока не задержатся встречными телами. И ясно, что они обычно постепенно задерживаются воздухом или иными текучими телами, среди которых движутся, а потому их движение не может быть продолжительным. Что воздух сопротивляется движениям других тел, можно испытывать путем осызания, если сотрясать воздух опахалом: то же подтверждает полет птиц. И нет другой жидкости, которая еще яснее, чем воздух, сопротивлялась бы движениям брошенных тел.

Второй закон природы: всякое движущееся тело стремится продолжать свое движение прямолинейно.

XXXIX. Второй закон природы таков. Каждая частица материи, рассматриваемая в отдельности, всегда стремится продолжать движение не по какой-либо кривой линии, а исключительно по прямой, хотя многие из частиц начинают отклоняться от этого пути в силу встречи с иными частицами и, значит, как было сказано раньше, во всяком движении образуется некоторого рода круг из всей одновременно движущейся материи. Причина этого закона та же, что и предыдущего, а именно, простота и неизменность акта, помощью которого бог сохраняет движение в материи. Он сохраняет движение только таким, каково оно в данный момент, безотносительно к тому, каким оно случайно было немного ранее. И хотя нет движения, которое происходило бы одномоментно, ясно-однако, что всё, движущееся в различные моменты, которые могут быть отмечены во время движения, предопределено направлять свое движение в какую-либо сторону по прямой линии, но отнюдь не по кривой.

Так, например, камень A , вращаемый в праще EA по кругу ABF , в момент прохождения через точку A определен, конечно, в движении в некотором направлении, и именно в направлении по прямой к C , т. е. так, что прямая AC будет касательной к кругу. Нельзя представить, что камень определен к какому-нибудь криволинейному движению. Ибо, если сначала он и направлялся из L к A по кривой линии, то ничего из этой кривизны не могло остаться, когда он достиг точки A . И опыт подтверждает это, потому что как только камень выпадает из пращи, он будет продолжать движение в направлении к C , а не к B . Отсюда следует, что всякое тело, движущееся по кругу, стремится отойти от центра описываемого круга. Это мы чувствуем по самой руке, когда вращаем



Рис. 50

камень в праще. Так как этим рассуждением мы часто станем пользоваться в дальнейшем, то его должно внимательно заметить; подробности будут изложены ниже.

Третий закон природы: если движущееся тело встречает другое, обладающее большей силой, оно не теряет своего движения, если же встречает тело, обладающее меньшей силой, которое оно может привести в движение, то теряет его (движение) столько, сколько передает ему, обладающему меньшей силой телу.

XL. Третий закон природы таков. Когда движущееся тело при встрече с другим телом для продолжения движения по прямой обладает меньшей силой, чем это второе тело, противостоящее первому, то последнее обращается в другую сторону, причем, удерживая свое движение, теряет лишь направление движения; если же данное тело имеет большую силу, то движет за собой встречное тело и сколько скорости придает ему из своего движения, ровно столько само теряет. Таким образом мы на опыте убеждаемся, что все твердые тела, будучи брошены и ударяясь об иное твердое тело, не прекращают в силу этого движения, но отлетают в противоположную сторону, и, наоборот, встречая на пути мягкие тела, тотчас передают последним все свое движение и потому сами немедленно приходят в покой. Все частные причины изменения частиц тела заключены в этом третьем законе; это верно, по крайней мере, относительно изменений телесных, ибо силу, с какою движут тела человеческие и ангельские души, мы теперь не исследуем, а оставляем ее до того, как станем трактовать о человеке.

Доказательство первой части этого закона

XLI. Первая часть этого закона доказывается тем, что существует различие между движением, рассматриваемым само по себе, и его направлением в определенную сторону; почему и бывает, что это направление может изменяться при неизменности движения в целом. Если, как сказано выше, какая-либо простая, а не составная вещь всегда сохраняет данное движение, пока оно не нарушится известной внешнею причиной, то при столкновении с твердым телом ясно, что за причина препятствует движению другого встречного тела оставаться определенным к тому же направлению; но это не причина тому, чтобы уничтожалось или уменьшалось движение, ибо движение движению не противоположно; отсюда следует, что движение не должно уменьшаться.

XLII. Вторая часть закона выводится из неизменности действий бога, непрерывно сохраняющего мир с тою самою деятельностью, с которой бог создал последний. Раз все наполнено телами и тем не менее движение каждого тела направляется по прямой линии, то богом предусмотрено при начале мироздания, чтобы не только различные частицы мира двигались различным образом, но вместе и то, чтобы они побуждали прочие частицы и переносили на них свое движение; значит, сохраняя в частицах материи одну и ту же деятельность по тем же законам, с которыми они созданы, бог сохраняет движения частиц одной и той же материи не всегда определенными, но переходящими из одних в другие, смотря по тому, как частицы взаимно встречаются. Таким образом это вечное изменение сотворенного мира является доказательством неизменности бога.

В чем заключается сила каждого тела для воздействия или сопротивления

XLIII. Здесь же надобно старательно заметить, в чем заключается сила каждого тела при воздействии на другое тело или при сопротивлении действию последнего: она заключается понятно, в одном том, что каждая вещь стремится, поскольку это в ее силах, пребывать в том самом состоянии, в котором находится, согласно закону, выдвинутому на первое место. При этом тело, соединенное с другим телом, имеет некоторую силу препятствовать разъединению; подобным же образом разъединенное тело обладает силой оставаться разъединенным, покоем — пребывать в своем покое и, следовательно, противостоять всему, что могло бы изменить этот покой, а движущееся тело стремится сохранить свое движение, т. е. движение одной и той же скорости и направления. Эта сила должна определяться как величиной тела, в котором заключена, и поверхности, которой данное тело соприкасается с другими телами, так и скоростью движения и природой, равно и противоположностью рода, с какой сталкиваются различные тела.

Что движение не противопоставляется другому движению, но лишь покою, и определение движения в одном направлении определению в другом направлении

XLIV. Нужно заметить при этом, что одно движение никоим образом не противопоставляется другому, равному по скорости. Здесь, собственно, есть только двойного рода противоположность. Одна — между движением и покоем, или даже

между ускорением и замедлением движения, поскольку, конечно, это замедление причастно прорode покоя. Другая противоположность — между определением движения к некоторому направлению и столкновением тела с телом, покоящимся или иначе движущимся в этом направлении. Эта противоположность будет большей или меньшей, сообразно направлению, в котором движется встречное тело.

Как можно определить при помощи нижеследующих правил, насколько встречающиеся тела изменяют свои движения

XLV. Раз мы можем определить, при каких условиях отдельные тела увеличивают и уменьшают свои движения или обращают их в иные стороны при встрече с другими телами, то следует лишь учесть, сколько в каждом из них силы для движения или для сопротивления движению, и принять за достоверное, что остаток большей силы всегда выступает с своим действием. Это легко может поддаться учету, если сталкиваются два вполне твердых тела, так сверх того делимых, что их движению не препятствует и не способствует ни одно из прочих окружающих тел. Тогда-то и наблюдаются следующие правила:

Первое

XLVI. Во первых, если эти два тела, положим B и C , совершенно равновелики и движутся с одинаковой скоростью, B — справа налево, а C в направлении к B — слева направо, то, сталкиваясь друг с другом, тела обращаются назад и продолжают двигаться B вправо, а C влево, не теряя ничего в своей скорости.

Второе

XLVII. Во вторых, если B несколько больше C , то при прежних прочих условиях, назад обращается одно C и, таким образом, каждое из тел движется налево с тою же прежнею скоростью.

Третье



Рис. 51

XLVIII. В-третьих, если тела равновелики, но B движется несколько скорее C , то оба тела будут не только продолжать движение налево, но из B в C перейдет половина той скорости, которою B превосходит C ; т. е., если в B имелось раньше 6 единиц скорости, а в C только четыре, то после взаимной встречи каждое из тел устремится налево со скоростью в пять единиц.

XLIX. В-четвертых, если тело C , обладающее несколько большей величиной, чем B , покоится, то B , двигаясь к C с какой угодно скоростью, никогда не сдвинет C , а само отгоняется последним в обратную сторону. Ибо покоящееся тело более сопротивляется значительной скорости, нежели малой,— и это происходит в соответствии с различием величин тел; а потому всегда в C будет большая сила для сопротивления, чем в B сила для толчка.

Пятое

L. В-пятых, если покоящееся тело C меньше B , то последнее, при сколь угодно медленном движении по направлению к C , после столкновения будет двигать C с собою, перенося в него такую долю своего движения, которая нужна, чтобы оба тела продолжали движения с равной скоростью. Если B вдвое больше C , то оно перенесет в C третью часть своего движения, так как эта третья часть будет двигать C столь же быстро, как две оставшиеся будут двигать вдвое большее B . Поэтому после встречи с C , B замедлит движение на одну треть против прежнего, т. е. чтобы подвинуться на расстояние двух шагов, для него потребуется то время, которое раньше требовалось для прохождения трех шагов. Равным образом, если B будет втрое больше C , то оно передаст последнему четвертую часть своего движения; то же и в иных случаях.

Шестое

LI. В-шестых, если покоящееся тело C оказывается вполне равновеликим движущемуся к нему B , то C будет отчасти побуждаться последним вперед, а отчасти будет отталкивать B ; так, если B приближается к C со скоростью четырех единиц, то оно сообщит C одну единицу скорости, а со скоростью оставшихся трех единиц направится в обратную сторону.

Седьмое

LII. Наконец, если B и C движутся в одном и том же направлении, C медленнее, а B , следующее за ним, быстрее, так что в конце концов настигает C ,— и если при этом C больше B , но избыток скорости B больше, чем избыток величины C , то B переносит в C столько из своего движения, сколько нужно, чтобы оба тела двигались после с равной скоростью и в одну и ту же сторону. Но если, напротив, избыток скорости в B меньше, чем избыток величины C , то B отскакивает в обратную сторону, сохраняя все свое движение. Избыток же вычитывается здесь так: если C вдвое больше B , а B не движется вдвое быстрее C , то B не только не гонит вперед C , но само возвра-

дается назад; если же V движется более чем с двойною скоростью, то толкает C . Так, если C имеет лишь две единицы скорости, а V — пять, то две единицы скорости отнимаются от V и, перемещаясь в C , составляют лишь одну единицу, потому что C вдвое больше V . Отсюда и вытекает, что оба тела, V и C , после столкновения движутся каждое с тремя единицами скорости; так же должно рассуждать и в остальных случаях. И не нуждается все это в проверке, ибо явствует само по себе¹.

Что объяснение этих правил затруднительно, так как с каждым телом одновременно сталкиваются несколько тел

LIII. Но благодаря тому, что не может быть тел, так отделенных от всех остальных в мире, и не бывает обычно вокруг нас тел, совершенно изолированных, определение того, насколько изменяется движение отдельных тел вследствие их столкновения с другими телами, очень затрудняется. Вместе с тем должно принимать во внимание все случающееся вокруг тела, а также то, что действия тел весьма различны, смотря по тому, тверды тела или жидки. Здесь и должно исследовать, в чем состоит их различие.

В чем существует тел. твердых и жидких

LIV. Именно, через свидетельство чувства мы познаем только то, что частицы жидкостей легко выступают из своих мест и потому не сопротивляются направленным против них движениям наших рук; наоборот, частицы твердых тел так взаимно сцеплены, что их невозможно разъединить без силы, достаточной для преодоления сцепления. И исследуя напоследок, как случается, что одни тела уступают свои места иным телам без особого усилия, другие же тела далеко не так легко, мы быстро подметим, что тела, уже находящиеся в движении, не препятствуют другим телам занимать оставленные ими места, а покоящиеся тела могут быть вытолкнуты из своих мест только с известным усилием. Отсюда легко заключить, что тела, которые поделены на множество различно движущихся мелких частиц, жидки; тверды же тела, все частицы которых, будучи взаимно связаны, покоятся.

Что нет ничего другого, что бы соединяло части твердых тел, кроме того, что они находятся в состоянии покоя по отношению друг к другу

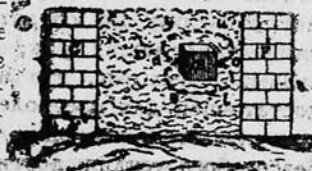
LV. Мы не в состоянии выдумать никакого клея, который сцеплял бы между собой частицы твердых тел крепче, чем их

¹ См. примечание Тейнера в конце этого отрывка. Прим. ред.

сцепляет покой. Да и чем бы мог быть этот клей? Не субстанцией: ибо раз те частицы — субстанции, то нет основания сцепляться посредством иной субстанции лучше, чем сцеплялись бы они сами по себе; равно и не модусом, отличным от покоя; нет модуса более противоположного движению, разделяющему эти частицы, чем покой последних. А помимо субстанций и их модусов нам не известен никакой иной род вещей.

Что частицы жидких тел находятся в движении одинаково в различных направлениях и что ничтожнейшая сила достаточна для того, чтобы привести в действие окруженное ими твердое тело

LVI. Что касается жидкостей, то хотя для чувства и незаметны движения их частиц, так как последние очень малы, легко, однако, выводятся эти движения из результатов, — особенно в воздухе или в воде, — именно из того, что этими частицами разрушается множество других тел. И ведь ни одно телесное действие, каким и является такое разрушение, не может происходить без местного движения; причины движения этих частиц будут указаны ниже. Но затруднение в том, что эти частички не могут все одновременно переноситься в любую сторону; однако, кажется необходимым, чтобы частицы не препятствовали движению тел, приближающихся с какой-либо стороны; а они, действительно, этим телам не препятствуют. Так, например, если твердое тело B движется к C , и некоторые из частиц посредствующей жидкости несутся обратно, от C к B , то они не только не поддерживают движения B , а, напротив, более препятствуют ему, чем если бы они были совершенно неподвижны.



Чтобы разрешить это затруднение, должно вспомнить, что не движение, а покой противоположен движению, и что направление движения в одну сторону противоположно направлению его в другую сторону, как уже сказано; а также надлежит вспомнить и то, что все движущееся стремится продолжать движение по прямой линии. Из этих положений явствует, во-первых, что пока твердое тело B покоится, оно этим своим покоем противо-стоит вместе взятым движениям частиц жидкостей D более, чем то делало бы двигаясь. Наконец, что касается направления, то, конечно, верно, что сколько частиц жидкости D движется от C к B , столько же движется их в противоположном направлении; эти последние частицы суть те, которые, направляясь от C , столкнулись с поверхностью тела B и, наконец, были оттолкну-

ты назад к C . Поэтому отдельные из них, если их рассматривать самих по себе, ударившись о тело B , подвинули бы его к F и, следовательно, более помешали бы ему двигаться к C , чем если бы были неподвижны; но ведь столько же частиц стремится от F к B , и толкает последнее к C ; вследствие этого в данном случае B одинаково испытывает толчок в ту и в другую сторону и потому, если не привходит как условие что-либо иное, B пребывает в покое. Какой бы фигуры, по нашему предположению, ни было тело, его всегда гонит одинаковое число частиц с той и с другой стороны, раз только сама жидкость движется в одну сторону не больше, чем в другие. И мы должны предполагать, что B со всех сторон окружено жидкостью DF ; и ничуть не важно, если в F не таково же количество жидкости, как в D , потому что эта жидкость действует против B не как целое, а только теми своими частями, которые касаются поверхности B . До сих пор мы смотрели на B как на неподвижное тело; теперь положим, что оно побуждается к C известной откуда-либо идущей силой; этой силы (сколь бы мала она ни была) достаточно не только для собственного движения B , но и для столкновения его с частицами жидкости DF и для того, чтобы направить последние к C , сообщив им часть собственного движения.

Доказательство предыдущего параграфа

LVII. Чтобы яснее понять это, предположим, во-первых, что твердого тела еще нет в жидкости DF , но что частицы $a e i o a$, расположенные в виде кольца, кругообразно движутся в направлении $a e i$, а другие частицы $o u y a o$ подобным же образом движутся в направлении $o u y$: если данное тело жидко, то его частицы, как сказано, должны двигаться различным образом. Если, теперь, в этой жидкости DF между частицами a и o находится твердое тело B , — что, спрашивается, должно произойти? Разумеется, частицы $a e i o$, которым препятствует тело B , не могут перейти от o к a , чтобы закончить круг своего движения; также и частицам $o u y a$ тело B мешает переходить от a к o ; частицы, направляющиеся от i к o , толкают B к C , а идущие от y к a настолько же отгоняют его к F ; поэтому одни они не имеют силы двинуть B , но возвращаются от o к u , от a к o , и круговращение из двух превращается в одно, именно в порядке означенных $a e i o u y a$. Итак, вследствие столкновения с телом B никоим образом не прекращается движение частиц, но изменяется лишь определение направления, и частицы не идут по линии прямой или приближающейся к прямой, как шли бы, не столкнувшись они с B . Когда, наконец, привходит некоторая новая сила, побуждающая B к C , то эта сила, сколь угодно малая,

будучи связанной с частичкой жидкости, превзойдет ту, посредством которой частицы, направляющиеся от u к a , отгоняют B в противоположную сторону; поэтому ее достаточно для изменения их направления и для того, чтобы частицы относились в порядке $a u u o$, поскольку это требуется для устранения препятствия движению B . То, что я говорю здесь о частицах $a e i o u$, должно разуметь и относительно всех прочих частиц DF , сталкивающихся с B ; достаточно присоединить к ним самую маленькую силу, чтобы изменить их направление. И хотя, быть может, ни одна из частиц не описывает тех именно кругов, которые на рис. 52 представлены линиями $a e i o u o u a$, однако несомненно, что все частицы движутся кругообразно путями, равнозначными данному.

Что тело нельзя считать целиком жидким по отношению к твердому телу, которое оно окружает, если некоторые частицы его движутся медленнее, чем это твердое тело

LVIII. Следовательно, при таком изменении направления частиц жидкости, препятствующих телу B двигаться к C , B начинает двигаться; и оно движется с той же скоростью, с которой толкает его сила, отличная от силы жидкости, если предположить, что в последней нет частиц, двигающихся быстрее или по крайней мере с такую же скоростью. Ибо, если отдельные из частиц движутся медленнее, то жидкость теряет природу текучести и уже не достаточно маленькой силы, чтобы двинуть находящееся в этой жидкости твердое тело, а требуется сила, которая превосходила бы сопротивление, оказываемое медленностью этих частиц жидкости. И потому мы часто замечаем, что воздух, вода и иные жидкости оказывают сильное сопротивление телам, движущимся в них очень быстро, и без всякого сопротивления поддаются, когда твердые тела передвигаются медленно.

Что твердое тело, получив толчок от другого тела, получает все приобретенное им движение не только от него, но частью и от окружающего его жидкого тела

LIX. Но если тело B так движется к C , должно думать, что оно получает свое движение не от внешней движущей силы, но скорее со стороны частиц жидкости; так, понятно, что те частицы, которые составляют круги $a e i o$ и $a u u o$, отдают из своего движения столько, сколько получают его частицы твердого тела B , находящиеся между o и a , при этом сами они уже попадают в часть круга $a e i o$ и $a u u o a$: хотя, по мере того

как позднее проходят к C , они соединяются с новыми частицами жидкости.

Что оно, однако, не может получить большую скорость, чем та, которую ему дало твердое тело

LX. Остается объяснить здесь, почему я прежде не сказал, что направление частиц a у u и o изменяется не абсолютно, но лишь насколько требуется, чтобы они не препятствовали движению тела B . Именно потому, что тело u не может двигаться скорее того, как оно двинуто приводящей силой, хотя часто все частицы жидкости DF обладают гораздо большим движением.

Одно из тех положений, которые должны нами особенно соблюдаться среди наших размышлений, это — не приписывать ни одной причине того, что превосходит ее силу. Так, положим, что твердое тело B , двигавшееся прежде в среде жидкости DF , теперь некоторой внешней силой, например силой руки, побуждается замедлить движение; так как здесь только этот толчок моей рукой является причиной движения тела, то не должно полагать, что оно движется скорее, чем толкается; и если бы все частицы жидкости двигались значительно быстрее, не должно было бы считать, что они необходимо предназначены к кругообразным движениям $a e i o a$ и $a u u o a$ или подобным, которые быстрее этого толчка; как скоро частицы более побуждаются, они сами начнут двигаться в каком угодно ином направлении, нежели прежде.

Что жидкое тело, движущееся целиком в каком-нибудь направлении, увлекает с собой все твердые тела, которые оно содержит в себе или окружает

LXI. Из этого ясно видно, что твердое тело, покоящееся в жидкости и окруженное последнею, находится там как бы в равновесии, и что сколь велико оно ни было бы, всегда однако достаточно самой незначительной силы, чтобы оттолкнуть его в ту или другую сторону; та сила или приходит извне или заложена в том, что жидкость несется в одну какую-либо сторону, подобно тому как волны несутся к морю или ветер Эвро в целом несется на запад. Раз так происходит, то необходимо, чтобы твердое тело, находящееся в подобной жидкости, несло вместе с последнею: и этому не препятствует правило четвертое, согласно которому, как раньше сказано, покоящееся тело не может быть толкаемо никаким иным меньшим телом, сколь быстро это последнее ни двигалось бы.

Это нельзя, собственно говоря, сказать, что твердое тело движется, если оно увлекается таким образом жидким телом

LXII. Если мы обратим внимание на истинную и абсолютную причину движения, которая состоит в перенесении движущегося тела из соседства иных, сцепленных с ним тел, и на то, что эта причина в каждом из взаимно сцепленных тел равна, хотя и не называется обычно одним и тем же именем, мы вполне убедимся, что твердое тело, уносимое содержащей его жидкостью, движется далеко не так, как двигалось бы оно, не будь уносимо последнею; ведь в первом случае твердое тело менее удаляется от окружающих частиц жидкости.

Как объяснить то, что некоторые тела так тверды, что не могут быть разделены нашими руками, хотя они и меньше рук по величине

LXIII. Остается еще случай, где опыт, повидимому, противоречит ранее найденным правилам движения; именно тот случай, когда мы наблюдаем во многих телах, значительно меньших, чем наши руки, столь тесное сцепление, что никакая ручная сила не в состоянии разъединить эти тела. И если частицы не сцеплены никаким иным клеем помимо покоя одних частиц подле других, и если всякое покоящееся тело может быть побуждаемо большим движущимся телом, то неясно с первого взгляда, почему, например, железный гвоздь или другое небольшое, но очень твердое тело не может быть разделено пополам одною силою наших рук. Ведь каждая половина этого гвоздя принимается за одно тело, и так как эта половина меньше нашей руки, то кажется, что она должна иметь возможность двигаться собственною силою руки и таким образом отделяться от другой половины. Но нужно заметить, что наши руки мягки и скорее приближаются к природе жидких, а не твердых тел, а потому обычно не целиком направляются на тело, движимое ими, но лишь тою своею частью, которая касается данного тела. Так как в этом случае половина гвоздя, как скоро она отделена от другой половины, рассматривается как одно тело, то и часть руки, ближе касающаяся этой половинки гвоздя и меньшая последней, поскольку может быть отделена от других частей руки, рассматривается как другое тело; так как она легче отделяется от остальной части руки, чем соответственная часть гвоздя от его остальной части, и это отделение происходит с чувством боли, то мы и не можем сломать железный гвоздь рукой; если же я пожелаю сделать это, то, вооружась пилой, клещами или иными инструментами, чтобы их силой разделить тело на части

меньшие, чем тело, которым мы пользуемся, помощью этих орудий можно преодолеть любую твердость тела.

Что я не принимаю в физике никаких принципов, которые бы не были также приняты в математике, для того, чтобы иметь возможность наглядно доказать все, что я выведу из них, и что эти принципы достаточны, тем более, что с их помощью могут быть объяснены все явления природы

LXIV. Я не прибавляю здесь ничего ни о фигурах, ни о том, как сообразно бесчисленным изменениям последних следуют бесконечные видоизменения движения: это ясно само собой обнаружится, когда наступит время повести о том речь. Я предполагаю, что мои читатели уже знают основные элементы геометрии или, по крайней мере, обладают умом, в достаточной степени способным понимать математические доказательства. Я совершенно открыто признаюсь, что мне неизвестна иная материя телесных вещей, как только всячески делимая, имеющая фигуру и движимая, иначе говоря, только та, которую геометры обозначают величинами и принимают за объект своих доказательств. И совершенно ничего в той материи не содержится сверх отмеченных делений, фигур и движения; и ничто не принимается за верное относительно нее, что не выводилось бы из тех общих понятий, в истинности которых не следует сомневаться, и чего нельзя было бы считать за математическое доказательство. Вследствие того, что этим путем, как обнаружится из последующего, могут быть объяснены все феномены природы, мне думается, не должно допускать никаких иных оснований физики, да и не должны они требоваться.



П. ТАННЕРИ

ПРИМЕЧАНИЕ I К ЗАКОНАМ О СОУДАРЕНИИ ТЕЛ У ДЕКАРТА.¹

Как известно, законы движения тел при соударении были даны Декартом неправильно. Ряд устанавливаемых им законов находился в резком противоречии с опытом. В приводимых примечаниях Таннери к «Началам» Декарта дан разбор неправильных положений и указано, в чем они расходятся с правильной трактовкой проблемы.

¹ P. Tannery. Примечание к Principes de Philosophie Декарта, помещенное в Oeuvres de Descartes. Ed. Ch. Adam et P. Tannery, т. IX, стр. 327—330.

Мне казалось полезным точно указать здесь, чем семь декартовских законов, относящихся к соударению тел, отличаются от теоретических законов механики, применимых в подобных случаях (к идеально твердым телам, изолированным от всех остальных, не воздействующим друг на друга до момента удара, и, наконец, движущимся по прямой линии, соединяющей их центры тяжести, причем эта прямая проходит также через точку их соприкосновения при ударе).

Эти теоретические законы заключены в одной формуле, которая выводится из теоремы о сохранении центром тяжести (предполагается, что он неподвижен) количества движения и теоремы о сохранении живых сил, доказанной в аналитической механике для всякой изолированной системы.

Если обозначим через B и C массы двух тел, обозначенные теми же буквами у Декарта, и если назовем их скорости через b и c до соударения и через β и γ после соударения (скорости, рассматриваемые как положительные, в одном принятом направлении), упомянутые выше теоремы дадут следующие отношения:

$$(1) \quad Bb + Cc = B\beta + C\gamma;$$

$$(2) \quad Bb^2 + Cc^2 = B\beta^2 + C\gamma^2.$$

и осюда выводят общие формулы:

$$(3) \quad \beta = b - \frac{2C(b-c)}{B+C}; \quad \gamma = c + \frac{2B(b-c)}{B+C}.$$

Но так как в шести первых законах Декарт предполагает, что тела имеют движения, направленные в противоположные стороны (или одна из них равна нулю), то, для того чтобы облегчить сравнение с текстом Декарта, заменим для этих шести законов c на $-c$, γ на $-\gamma$ и поместим формулы в следующем виде:

$$(3') \quad \beta = b - \frac{2C(b+c)}{B+C}; \quad \gamma = c - \frac{2B(b+c)}{B+C}.$$

1-й закон. II, 46 (стр. ...). Предположение: $B = C$; $b = c$;
имеем $\beta = -b$; $\gamma = -b$.

Оба тела отражаются, сохраняя ту же абсолютную скорость. Декарт принял тот же закон.

2-й закон. II, 47 (стр. 358). Предположение: $B > C$, $b = c$;

$$\beta = \frac{B-3C}{B+C} b; \quad \gamma = -\frac{3B-C}{B+C} b.$$

Тело C всегда отражается со скоростью, по абсолютной величине большей, чем прежняя; тело B , в зависимости от соот-

гошения масс, может либо следовать, но с меньшей скоростью, за телом C , либо остановиться, если $V = 3C$, или, наконец, также отскочить обратно.

Декарт принимает, что тело C всегда отражается с одной и той же скоростью, равной по абсолютной величине прежней скорости, и что V следует за ним с той же скоростью ($\beta = \gamma = b$).

Живая сила системы остается постоянной; движение центра тяжести системы увеличивается в отношении $\frac{B+C}{B-C}$.

3-й закон. II, 48 (стр. 358). Предположение: $V = C$; $b > c$;

$$\beta = -c; \quad \gamma = -b.$$

Тела отражаются в разные стороны, обменявшись скоростями.

По Декарту, наоборот, отражается одно лишь C и оба тела продолжают двигаться, оставаясь соединенными, со скоростью, равной среднему арифметическому из абсолютных величин прежних скоростей ($b = -\gamma = \frac{b+c}{2}$).

Живая сила системы уменьшится тогда настолько, насколько b будет больше c ; движение центра тяжести ускорится в отношении $\frac{b+c}{b-c}$.

4-й закон. II, 49 (стр. 359). Предположение: $C > V$; $c = 0$;

$$\beta = -\frac{C-V}{C+V} b; \quad \gamma = -\frac{2V}{V+C} b.$$

После соударения оба тела двинутся в противоположных направлениях. Согласно Декарту, C остается в покое, V же отразится, сохраняя абсолютную величину своей скорости ($\beta = -b$; $c = 0$). Живая сила остается неизменной, движение центра тяжести изменит направление.

5-й закон. II, 50 (стр. 359). Предположение: $C < V$; $c = 0$;

$$\beta = \frac{V-C}{B+C} b; \quad \gamma = \frac{2V}{B+C} b.$$

После соударения оба тела двинутся в одном направлении. C получает скорость большую, чем V . Декарт принимает, наоборот, что V и C получают общую скорость $\frac{V}{B+C} b$; на этот раз его закон сохраняет движение центра тяжести, но уменьшает живую силу в отношении $\frac{V}{B+C}$.

6-й закон. II, 51 (стр. 359). Предположение: $C = V$; $c = 0$;

$$\beta = 0; \quad \gamma = -b.$$

Тело B останавливается, тело C получает его скорость.

По Декарту, тело B отражается, сохраняя три четверти своей абсолютной скорости; C же начинает двигаться со скоростью, равной четверти этой же скорости. При этом решении движение центра тяжести меняет свое направление, а живая сила системы уменьшается на три восьмых.

7-й закон. II, 52 (стр. 359). Оба тела движутся до соударения в одном направлении.

Мы вновь берем для этого седьмого закона общие формулы (3) предполагая, что c положительно. Так как для того, чтобы произошло соударение, нужно принять, что $b > c$, мы видим, что после соударения скорость C увеличилась, а скорость B уменьшилась, во всяком случае, настолько, чтобы стать меньше той, которую получает C . Это уменьшение может быть настолько велико, что B остановится, если $\frac{b}{c} = \frac{2C}{B-C}$, что требует, чтобы, по крайней мере, $B < 3C$. Оно может отразиться даже, если $\frac{b}{c} < \frac{2C}{B-C}$, если B соответственно еще меньше.

Декарт различает два случая:

1. B и C получают после соударения общую скорость если при $B > C$ или при $B < C$ имеем $\frac{C}{B} < \frac{b}{c}$. Общая скорость равняется в приведенном им примере $\frac{Bb + Cc}{B + C}$. Движение центра тяжести сохраняется, есть потеря живой силы.

2. Если, напротив, $\frac{b}{c} < \frac{C}{B}$, то C продолжает свое движение с прежней скоростью, B отражается, сохраняя абсолютную величину своей скорости ($\beta = -b$; $\gamma = c$). Тогда живая сила остается неизменной; движение центра тяжести, наоборот, уменьшается в отношении $\frac{Cc - Bb}{Cc + Bb}$.

Нужно заметить, что для предельного случая, разделяющего эти два, а именно когда $\frac{b}{c} = \frac{C}{B}$, имеется некоторая неопределенность, так как законы Декарта приводят к противоположным результатам. Он нигде не указал, как он предполагал сгладить этот saltus naturae¹ и применил ли бы он компромисс, подобный тому, который имеется в 6-м законе, где обстоятельства были аналогичны.

Нужно также заметить, что Декарт не исчерпал всех комбинаций, которые он должен был рассмотреть. Действительно

¹ Скачок, который делает природа. Прим. ред.

нехватает двух законов для случая неравных скоростей, направленных до соударения в разные стороны и соответствующих гипотезам:

$$(3_1) \quad b > c, \quad B > C;$$

$$(2_1) \quad b > c, \quad B > C.$$

Однако ни для того, ни для другого случая нельзя с уверенностью найти решения, которые дал бы Декарт...

(На этом заканчивается примечание, найденное в бумагах П. Таннери. Оно, очевидно, не закончено и было прервано его смертью).



ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

1. Письмо по вопросу о том, заключается ли существо тела в протяженности.
2. Краткое доказательство достопамятной ошибки Декарта.
3. Рассуждение о динамике по поводу законов движения.
4. Письмо к Гюйгенсу (по вопросу о теории тяготения Ньютона).

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ
ПИСЬМО ПО ВОПРОСУ О ТОМ, ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ЛИ
СУЩЕСТВО ТЕЛА В ПРОТЯЖЕННОСТИ¹

1691 г.

G. G. LEIBNIZ

LETTRE SUR LA QUESTION SI L'ESSNECE DU CORPS
CONSISTE DAUS L'ETENDUE

Динамика Лейбница представляет важную составную часть его философской системы. Ранние работы Лейбница посвящены небесной механике и стремятся вывести движение небесных тел из общего принципа, который Лейбниц видит в солнце в исходящем от него действии, которое чрез заполняющий пространство эфир передается всем планетам и приводит их в движение.

Основная мысль Лейбница, выявленная уже в этих ранних работах,— это неразрывная связь материи и движения. «Всякая единичная субстанция непрерывно действует, не исключая даже и тела, в котором никогда не бывает покоя» («О природе в самой себе», § 9).

«Телесная субстанция для Лейбница,— пишет Фейербах,— уже не только протяженная, мертвая, приводимая в движение масса, как у Декарта, а в качестве субстанции имеет в себе деятельную силу, не знающую покоя,— принцип деятельности».

«За это, верно,— замечает Ленин в своем конспекте Фейербаха,— и ценил Маркс Лейбница, несмотря на его «лассалевские» черты и примирительные стремления в политике и религии» (Ленин. Собр. соч., т. XII, стр. 129).

¹ Напечатано в Journal des Scavants 18 Juni 1691, p. 259.
Перевод с французского сделан с издания God. Guil. Leibnitu Opera Philosophica ed. J. E. Erdmans Berofiru, 1840.

Здесь намечается глубокое расхождение между концепцией матери и движения Лейбница, с одной стороны, и Декарта и Ньютона, с другой.

Письмо Лейбница по вопросу о том, заключается ли существо тела в протяженности, относится к вопросу об основных характеристиках материального тела. Декарт видел основное и единственное свойство материального тела в протяженности; Лейбниц возражал против концепции пространства как геометрического тела и указывал на роль массы; как одной из основных характеристик тела.

Кроме того, Лейбниц считал движение, неотъемлемым атрибутом материального тела, и это соображение играло большую роль в полемике о двух мерах движения, которая представлена ниже статьями Лейбница: «Краткое доказательство достопамятной ошибки Декарта» и «Рассуждение о динамике».

(Стр. 112—113)

Вы меня спрашиваете, какие причины заставляют меня думать, что понятие тела или материи включает в себя нечто иное, чем понятие о протяженности. Вы правильно отмечаете, что многие умные люди в настоящее время считают, что сущность тела заключается в его длине, ширине и высоте. Тем не менее есть еще много людей, которых нельзя обвинить в особенной любви к схоластике, не удовлетворенных этим определением.

Г-н Николь в одном месте своих трудов говорит, что он принадлежит к их числу, и ему кажется, что у тех, которых не пугают возникающие при этом затруднения, больше предубеждения, чем просвещенности.

Понадобился бы обстоятельный доклад, чтобы отчетливо объяснить все, что я по этому поводу думаю. Тем не менее вот некоторые соображения, которые я предлагаю на Ваше суждение и по поводу которых я очень прошу Вас высказаться.

Если бы существо тела состояло только в протяженности, то протяженность сама по себе должна была бы быть достаточной, чтобы объяснить все свойства тела. Но это не так. Мы в материи замечаем качество, которое некоторые называют естественной инерцией, благодаря которой тело сопротивляется, некоторым образом, движению, так что приходится употребить

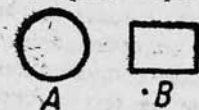


Рис. 53

известную силу, чтобы привести его в движение (даже, если мы отвлечемся от силы тяготения). Причем большое тело труднее вывести из покоя, чем маленькое. Так, например:

Пусть тело *A*, находясь в движении, сталкивается с телом *B*, находящимся в покое. Ясно, что если телу *B* было бы безразлично состояние движения или покоя, оно не сопротивлялось бы телу *A* и приводилось бы им в

движение, не уменьшая при этом скорости не изменяя направления движения тела A ; и после столкновения A продолжало бы свой путь, а B , находясь впереди, двигалось бы совместно с ним. Но не так оно происходит в природе. Чем больше тело B , тем больше оно будет уменьшать скорость налетающего на него тела A и может даже, если оно гораздо больше, чем тело A , заставить тело A отразиться.

Если же в телах не было бы ничего кроме протяженности или положения, т. е. тех свойств, которые известны геометрам, плюс понятие изменения, то эта протяженность относилась бы совершенно безразлично к изменению, и тогда результаты столкновения тел должны были бы всецело объясняться геометрическим сложением движения.

Другими словами, тело после взаимодействия с другим телом обладало бы движением, составленным из натиска (импульса), которое оно имело до толчка, и того натиска, которое оно получит от второго тела, т. е., в случае столкновения двух движущихся в противоположных направлениях тел, первое тело пойдет со скоростью, равной разности обеих скоростей и по направлению своего первоначального движения.



Рис. 54

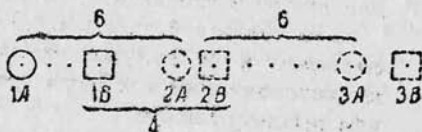


Рис. 55

Так, скорость $2A3A$ или $2B3B$ на рис. 54 равна разности скоростей между $1A2A$ и $1B2B$; в случае же, когда одно тело догоняет другое (рис. 55), когда более быстрое догоняет более медленное, которое находится впереди, то более медленное после толчка приобретает скорость более быстрого, и, вообще говоря, после взаимодействия они будут идти дальше вместе, как я на это указал вначале в специальном случае, когда второе тело находится в покое, тело, находящееся в движении, захватит с собой находящееся в покое, не уменьшая при этом своей скорости, — все это должно было бы быть справедливо, независимо от того, какова величина тел и равны или неравны они между собой, что совершенно несовместимо с опытными данными. Если мы даже предположим, что величина тела должна оказывать влияние на его движение, то мы все же не имели бы принципов, на основании которых можно было бы установить, в чем именно заключается это влияние и узнать направление и скорость результирующего движения. Во всяком случае, пришлось бы склониться к мнению,

что сохраняется количество движения, тогда как думаю, что я доказал¹, что сохраняется сила и что ее количество отлично от количества движения.

Все это заставляет заключить, что в материи, помимо геометрических свойств — протяженности и изменения, а также и изменения самого по себе, — есть еще нечто другое. Если вдуматься, приходишь к заключению, что нужно ко всему присоединить некоторые понятия высшего или метафизического порядка, а именно понятия субстанции, действия и силы. Эти понятия предполагают, что все, что воспринимает действие, должно в свою очередь оказывать действие, и то, что действует, должно испытывать противодействие, следовательно, тело, находящееся в покое, не может быть увлечено другим, находящимся в движении, не изменив при этом в какой-либо мере направления и скорости движущегося тела.

Я, конечно, согласен с тем, что всякое тело, естественно, имеет протяженность и что нет протяженности без тела. Тем не менее не нужно смешивать понятия места пространства и понятия протяженности в ее чистом виде, с понятием материи, которая кроме протяженности включает в себя понятие сопротивления, т. е. способность действовать и способность воспринимать действие. Это замечание мне представляется очень существенным не только, чтобы познать сущность материи, но также, чтобы не пренебрегать в физике принципами высшего и нематериального порядка в ущерб истинной вере.

Так что, хотя я и убежден, что все материальные явления в природе сводятся к механике, я все же думаю, что сами принципы механики, т. е. основные законы движения, имеют более возвышенную основу, чем те объяснения, которые может дать чистая математика. И я полагаю, что если бы это было более известным и принималось во внимание, то многие верующие не были бы такого плохого мнения о корпускулярной философии (*Philosophie corpusculaire*) и современные философы лучше бы сочетали познание природы с познанием ее творца.

Я не распространяюсь о других свойствах, касающихся природы тел, — это завело бы меня слишком далеко.



1 В. Acta Eruditorum 1686. См. ниже стр. 379 и след. *Прим. ред.*

КРАТКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ДОСТОПАМЯТНОЙ
ОШИБКИ ДЕКАРТА И ДРУГИХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗА-
КОНА ПРИРОДЫ, СОГЛАСНО КОТОРНОМУ, ПЕ ИХ
МНЕНИЮ, БОГОМ ВСЕГДА СОХРАНЯЕТСЯ ТО ЖЕ
САМОЕ КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ И КОТОРЫМ ОНИ
ЗЛУПОТРЕБЛЯЮТ В МЕХАНИКЕ.

1686 г.

G. G. LEIBNIZ

BREVIS DEMONSTRATIO ERRORIS MEMOREAILIS CAR-
TESII ET ALIORUM CIRCA LEGEM NATURAE, SECUNFLUM
QUAM VOLUNT A DEO EANDEM SEMPER QUANTI-
TATEM MOTUS CONSERVARI QUA ET IN RE MECHANICA
ABUTUNTUR

(Стр. 161—163)

ПРИМЕЧАНИЕ К ПИСЬМУ № 2489 ГЮЙГЕНСА РЕДАК-
ТОРУ ЖУРНАЛА *Nouvelles de la République des lettres* от 8 окт.
1687 г.

Перевод сделан из изд. Chr. Huygeus, *Oeuvres complètes*, Ed. La
Hay, 1901, т. IX, стр. 224.

В *Acta Eruditorum* за март 1686 г. Лейбниц поместил следу-
ющую статью¹:

Г. Г. Л. (G. G. L.). Краткое доказательство достопамятной ошибки
Декарта и других относительно закона природы, согласно которому по
их мнению, богом всегда сохраняется то же самое количество дви-
жения и которым они злоупотребляют в механике. Сообщено в письме
от января 1686 г.

Лейбниц доказывает здесь, что в природе сохраняется не движущая
сила (*vis motrix*) и не количество движения (*quantitas motus*) или

произведение массы на скорость, но сила поднятия (*vis rearsurgendi vel elevandi*), т. е. произведение массы на квадрат скорости.

Этот принцип был уже задолго до того высказан Гюйгенсом при изложении их закона удара твердых тел; (см. выше стр. 298) и сл. в *Horologium pscillatorium* он построил на этом принципе свою теорию сложного маятника.

В своей статье Лейбниц, указав на странность того, что ни Декарт, ни ученые его школы не подумали о таком простом доказательстве, высказал следующее замечание: «Что касается до последователей Декарта, то я боюсь, как бы некоторые из них не начали подражать большинству перипатетиков, которых они поднимают на смех, т. е. не взяли за обычай черпать свои познания не из здравого смысла и из природы вещей, а из книг своего учителя». Лейбниц заканчивает свою статью указанием на то, что, вследствие ошибки последователей Декарта, некоторые ученые недавно подвергли сомнению закон Гюйгенса о центре качания маятника.

Аббат де-Кателан, ревностный последователь Декарта, который почувствовал себя лично задетым, повидному, не захотел остаться в долгу. Он напечатал в *Nouvelles de la République des Lettres* за сентябрь 1686 г. статью, которой предшествовал перевод вышеназванной статьи Лейбница и которая была озаглавлена: «Краткая заметка г-на аббата Д. К., в которой Г. Г. Лейбницу доказывается ошибка в доказательстве, содержащемся в приведенном выше возражении».

Лейбниц ответил статьей в февральском номере 1687 г.; де-Кателан поместил свои возражения в июньском номере, и спор, наконец, закончился статьей Лейбница в сентябрьском номере *Nouvelles de la République des Lettres* за 1687 г. В конце этой статьи Лейбниц предлагает ту проблему, которой посвящена настоящая заметка; он говорит: «Я добавляю только, в виде заключения, что я согласен с господином аббатом в том, что можно измерять силу временем, но это нужно делать осторожно. Например, мы познаем приобретенную силу по тому времени, которое тяжелое тело затратило на ее приобретение при опускании, если нам известна линия опускания; ибо время измеряется в зависимости от большего или меньшего наклона этой линии; зато нам достаточно знать высоту точки отправления, чтобы судить о силе, которую тело приобрело, опускаясь с этой высоты. Именно эта разница времен навела мою мысль на очень интересную проблему, которую я только что разрешил и которую я хочу отметить здесь, чтобы наш спор был сколько-нибудь полезен для преуспеяния науки: требуется найти линию опускания, по которой тяжелое тело опускалось бы равномерно и в равные промежутки времени приближалось бы к горизонту на равные расстояния. Господа последователи Декарта, вероятно, легко сумеют дать анализ этой проблемы».

Сообщено в письме от 6 января 1686 г. Перевод с латинского сделан из *Acta Eruditorum, Anno MDCL XXXVI, Lipsiae, Mensi Martii N III.*

Многие математики, видя, что в некоторых простых машинах массы и скорости взаимно выравниваются, вообще оценивают движущую силу по количеству движения или по произведению тела на скорость. Формулируя это более геометрически, можно сказать, что силы двух тел (одинакового рода), приведенных в движение и действующие одинаково как в смысле массы, так и в смысле движения, состоят между собой в сложном соотношении тел или масс и присущих им скоростей. Рассудок склонен предполагать, что в природе сохраняется неизменная движущая сила, которая не убывает, так как мы нигде не видим, чтобы одно тело теряло какую-либо силу, которая не передавалась бы другому телу, но и не возрастает, так как нигде не происходит вечного механического движения, ибо ни одна машина и ни одно самодовлеющее (integer) небесное тело не могут увеличить свою силу без нового внешнего импульса. Этим объясняется то, что Декарт, который считал движущую силу и количество движения за понятия эквивалентные, пришел к выводу, что богом неизменно сохраняется в мире одинаковое количество движения.

Я же хочу доказать, что эти два понятия далеко не совпадают, и предполагаю, во-первых, что тело, падающее с определенной высоты, приобретает силу, могущую поднять его вверх на ту же высоту, если таково будет направление его движения и если не воспротивятся тому никакие внешние препятствия. Для примера укажу на маятник, который возвращался бы в точности на ту же высоту, с какой он опустился, если бы сопротивление воздуха и иные препятствия того же порядка не поглощали известной части его энергии; но эти препятствия мы пока принимать во внимание не будем. Во-вторых, я допускаю, что для поднятия тела *A* весом в один фунт на высоту *CD*, равную 4 локтям, требуется столько же силы, сколько нужно для поднятия тела *B*, весящего 4 фунта, на высоту *EF*, равную 1 локтю. Со всем этим соглашаются последователи Декарта и другие философы и математики нашего времени. Отсюда следует, что, падая с высоты *CD*, тело *A* приобретает ровно столько же силы, сколько тело *B*, падающее с высоты *EF*. Но тело *A*, сброшенное из *C*, достигает *D*, где оно, согласно первому предположению, приобретает силу обратного поднятия до *C*, т. е. силу поднятия тела весом в 1 фунт (тело соответственного веса) на высоту 4 локтей. Равным образом тело *B*, сброшенное из *E*, достигнув *F*, приобретает силу обратного поднятия до *E*, или согласно первому предположению, силу поднятия



C



D



(B)

Рис. 56

Рис. 57

тела весом в 4 фунта (т. е. тела соответственного веса) на высоту 1 локтя. Отсюда, согласно второму предположению, сила тела A , пребывающего в D , и сила тела B , пребывающего в F , равны.

Посмотрим теперь, будут ли количества движения в том и другом случае одинаковы. Против ожидания здесь обнаруживается большое расхождение. Я докажу это следующим образом. Галилей доказал, что скорость, приобретенная при падении с высоты CD , вдвое превышает скорость при падении с высоты EF . Умножим тело A , которое пусть будет 1, на его скорость, которая пусть будет 2; произведение, или количество движения будет 2. Затем умножим тело B , которое пусть будет 4, на его скорость, пусть равную 1; произведение или количество движения будет 4. Отсюда, количество движения тела A , пребывающего в D , равно половине количества движения в теле B , пребывающем в F , и тем не менее силы, которые были обнаружены незадолго перед тем, были в обоих случаях равны. Итак, между движущей силой и количеством движения существует большая разница, и одно не может измеряться другим, что мы и стремились показать. Ясно, что силу нужно оценивать тем количеством действия, какое она способна произвести, например той высотой, и которую тяжелое тело данной величины и рода может подняться, а не той скоростью, какая может быть придана телу. Ибо для придания одному и тому же телу удвоенной скорости требуется не удвоенная сила, а большая. Никто, конечно, не удивляется, наблюдая равновесие в простых машинах: в рычаге, в оси вала, в воротах, в клине, в винте и т. д., ибо величина одного тела уравнивается скоростью другого тела, рождающейся из самого расположения машины; как потому, что величины (тел одного рода) обратно пропорциональны их скоростям, так и потому, что тем или другим иным способом образуется одинаковое количество движения. Здесь получается одинаковое количество действия в обоих случаях, т. е. при опускании с высоты и при поднятии на высоту, при каком бы состоянии равновесия ни происходило движение.

Таким образом, здесь случайно можно определять силу по количеству движения, но имеется много других случаев, когда, как мы говорили выше, эти понятия не совпадают.

Однако, хотя все это, по нашему мнению, чрезвычайно просто, приходится удивляться, что это не пришло на ум ни Декарту, ни его последователям, — людям учнейшим, которые, впрочем, чрезмерно полагаясь на авторитет учителя, отвергают все, что расходится с его учением. Ибо Декарт, как это, к сожалению, обычно бывает с великими людьми, вскоре стал непререкаемым, а последователи его, как я опасюсь, склонны

подражать перипатетикам, над которыми они сами смеются, и опираться не на здравый смысл и не на природу вещей, а на творения учителя.

Поэтому надо говорить, что силы состоят в сложном соотношении тел (одинакового удельного веса и плотности) и обуславливающих скорость высот, падая с которых тела могут приобретать данные скорости; или, говоря более обобщенно (если за данное время не возникло никакой скорости), высот, обуславливающих скорости, но не самих скоростей, что достаточно ясно при первом взгляде и многократно подтверждается.

Отсюда возник ряд ошибок, которые мы замечаем в математических трудах по механике Фабри и Кл. де-Шая, и Борелли и др., занимавшихся данным вопросом. Отсюда произошло и то, что закон Гюйгенса о центре качания маятников, безусловно правильный, был недавно взят некоторыми учеными под сомнение.

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

РАССУЖДЕНИЕ О ДИНАМИКЕ ПО ПОВОДУ ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ, ГДЕ ДОКАЗЫВАЕТСЯ, ЧТО СОХРАНЯЕТСЯ НЕ ОДНО И ТО ЖЕ КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ, НО ОДНА И ТА ЖЕ АБСОЛЮТННЯ СИЛА ИЛИ ОДНО И ТО ЖЕ КОЛИЧЕСТВО ДВИЖУЩЕГОСЯ ДЕЙСТВИЯ.

G. G. LEIBNIZ

ESSAY DE DYNAMIQUE SUR LES LOIX DU MOUVEMENT, OÙ IL EST MONSTRÉ QU'IL NE SE CONSERVE PAS LA MÊME QUANTITÉ DE MOUVEMENT, MAIS LA MÊME FORCE ABSOLUE, OU BIEN LA MÊME QUANTITÉ DE L'ACTION MOTRICE¹

«Динамика» впервые была издана лишь в издании сочинений Лейбница Гергардта.

Гергардт предполагает (см. предисловие редактора к «Динамике», стр. 14 — 15), что эта работа была написана по окончании спора Лейбница с Папином о двух мерах движения, т. е. приблизительно в 1691 г.

(Стр. 215—231)

Мнение о том, что одно и то же количество движения сохраняется и остается при соударении тел, господствовало долго и сыгло за неоспоримую аксиому среди философов нового времени. Под количеством движения понимают произведение массы на скорость, так что если масса тела пропорциональна 2, а скорость пропорциональна 3, то количество движения тела про-

¹ Перевод с французского сделан по изданию Leibn Gerausgegeben von C. I. Gerhardt, zweite Abteilung. B. II, Halle 1860. (

порционально б. Таким образом, если имелись два соударяющихся тела, то, умножая массу каждого на его скорость и образуя сумму произведений, утверждали, что эта сумма должна быть одной и той же до и после соударения.

Теперь начинают в этом разочаровываться, в особенности с тех пор, когда это мнение покинуто некоторыми из его наиболее старых, наиболее умелых и наиболее значительных защитников и, главным образом, самим автором исследования об Истине¹. Но отсюда проистекло то неудобство, что чересчур бросились в другую крайность и что более не признают сохранения чего-то абсолютного, что могло бы занять место количества движения. Однако именно этого ожидает наш ум, и поэтому я замечаю, что философам, которые не вникают в глубокие дискуссии математиков, трудно покинуть аксиому, подобную аксиоме о сохраняющемся количестве движения, не получив взамен другую, за которую они могли бы держаться.

Правда, математики, которые уже давно установили правила движения, основанные на опытах, заметили, что сохраняется одна и та же относительная скорость соударяющихся тел. Например, если одно из двух тел покоится или если они оба движутся и идут навстречу друг другу или в одну и ту же сторону, существует относительная скорость, с которой они взаимно приближаются или удаляются; и оказывается, что эта относительная скорость остается одна и та же и таким образом тела удаляются после удара с той скоростью, с которой они приближались до удара. Но эта относительная скорость может оставаться одна и та же, несмотря на то, что скорости и абсолютные силы тел изменяются бесчисленным числом способов и таким образом это сохранение не касается того, что есть абсолютного в телах.

Я замечаю еще и другое сохранение, сохранение количества продвижения (*progrès*), но это тоже не есть сохранение того, что является абсолютным. Я называю *продвижением* количество

¹ Лейбниц имеет в виду Мальбранша, который в *Eclaircissement* к *Recherche de la Vérité* говорит: «В правиле: бог постоянно сохраняет одинаковое количество движения в природе, — лежит двусмысленность, вследствие которой оно, с одной стороны, верно, с другой — ложно; с одной — согласно с опытом, с другой — ему противоречит».

Оно справедливо в том отношении, что центр тяжести двух или многих каким-либо образом сталкивающихся тел до и после удара движется постоянно с одинаковой скоростью...

Оно ложно и противно опыту, если понимать его так, что сумма количества движения всех ударяющихся тел, взятых до удара, должна быть равна сумме таковой же количеств, взятой после удара, или что абсолютное количество движения остается то же». *Прим. ред.*

движения, с которым подаются в определенную сторону, так что если бы тело пошло в обратную сторону, это продвижение было бы отрицательным количеством. Если два или более тел соударяются, берут продвижение в ту сторону, куда идет их общий центр тяжести, и если все эти тела идут в эту же сторону, тогда надо брать сумму продвижений каждого за общее продвижение; и видно, что в этом случае полное продвижение и полное количество движения тел являются одним и тем же. Но если бы одно из тел шло в обратную сторону, его продвижение в ту сторону, о которой идет речь, было бы отрицательным и, следовательно, чтобы получить полное продвижение, его следует вычесть из остальных. Так, если имеются всего два тела, из которых одно идет в сторону общего центра, а другое в обратную сторону, надо, чтобы из количества движения первого было вычтено количество движения второго и остаток будет полным продвижением. И оказывается, что продвижение сохраняется или что существует столько же продвижения в одну и ту же сторону до, сколько и после удара. Однако видно, что это сохранение не соответствует тому, которое требуется от чего-то абсолютного. Ибо возможно, что скорость, количество движения и сила тел весьма значительны, а их продвижение равно нулю. Это случается тогда, когда два противостоящие тела имеют равные количества движения. В этом случае, по смыслу, который только что дан, полного продвижения нет вовсе.

Уже давно я исправил и очистил от ошибок это учение о сохранении количества движения и поставил на его место сохранение чего-то другого абсолютного; но, правда, как раз именно в том, что было нужно, т. е. в вопросе о сохранении абсолютной силы, обычно, повидимому, в мои доводы вникали недостаточно и не понимали красоты того, что я наблюдал. Я замечаю это во всем, что было опубликовано во Франции или в других местах о законах движения и механике, даже после того, что я написал о динамике. Но так как некоторые из наиболее глубоких математиков после множества споров примкнули к моему мнению, я ожидаю со временем общего одобрения.

Чтобы вернуться к тому, что я говорю о сохранении абсолютной силы, надо знать, что начало ошибки в вопросе о количестве движения проистекает от того, что его приняли за силу. Были склонны, я полагаю, естественно думать, что одно и то же количество общей силы остается до и после удара тел, и я счел это весьма истинным. Однако, сочтя количество движения и силу за одно и то же, заключили, что количество движения сохраняется. Наиболее способствовало смешению силы с количеством движения злоупотребление статическим учением. Ибо в статике находят, что два тела бывают в равновесии, если бла-

годаря их положению их скорости обратны их массам и весам, или если они имеют одно и то же количество движения.

Но надо знать, что равенство силы в этом случае происходит от другого принципа, ибо, вообще говоря, *абсолютная сила* должна оцениваться по насильственному эффекту (*effect violent*), который она может произвести. Я называю насильственным эффектом тот, который поглощает (*consume*) силу агента, как, например, дает такую-то скорость такому-то телу, поднимает такое-то тело на такую-то высоту и т. д. И силу тяжелого тела можно с удобством оценивать произведением массы или веса, умноженной на высоту, на которую тело могло бы подняться благодаря своему движению. И если два тела находятся в равновесии, высоты, на которые они могли бы подняться или с которых они могли бы спуститься, обратны их весам, или же равны произведениям высот на веса. И лишь в случае равновесия или мертвой силы высоты относятся как скорости и, таким образом, произведения весов на скорости относятся как произведения весов на высоты¹. Я говорю, что это происходит только в случае мертвой силы или бесконечно-малого движения, которое я привык называть *побуждением* (*solicitation*) и которое происходит, когда тяжелое тело старается начать движение и еще не приобрело никакой стремительности (*impétuosité*), что случается как раз, когда тела находятся в равновесии и, стараясь опуститься, мешают друг другу. Но когда тяжелое тело продвинулось, свободно опускаясь, и приобрело стремительность, или живую силу, тогда высоты, на которые это тело могло бы притти, пропорциональны не скоростям, а квадратам скоростей. И поэтому в случае живой силы силы не относятся как количества движения или как произведения масс на скорости.

Замечательным и содействовавшим ошибке обстоятельством является то, что два тела, которые неравны по абсолютной живой силе,— об этом я как раз говорю,— но количества движения которых равны, могут остановить друг друга, что заставило считать их абсолютно одинаковой силы, как, например, два тела: *A*, массы 3, скорости 2, и *B*, массы 2, скорости 3. Ибо хотя *A* абсолютно слабее *B*, так как *A* способно поднять фунт лишь на 12 футов, в то время как *B* может поднять фунт на 18 футов, тем не менее при соударении они могут остановить

¹ На полях рукописи Лейбниц заметил: «Таким образом удивительно, что г-н Декарт так хорошо избежал опасности принять скорость за силу в своем маленьком трактате о статике, или мертвой силе, где не было никакой опасности, сведя все к весам и высотам, когда это было безразлично, и что он оставил высоты для скоростей в том случае, когда надо было сделать как раз наоборот, т. е. когда речь идет об ударах или живых силах, которые должны измеряться весами и высотами. Прим. Гергардта.

друг друга, чему причиной является то, что тела препятствуют друг другу лишь по законам мертвой силы или статики. Ибо, будучи упругими, как это предполагается, они взаимодействуют лишь через мертвые силы и, согласно равновесию при соударении, т. е. посредством незаметных изменений (*changements insignifians*), потому, что, давя, сопротивляясь и ослабляясь непрерывно, все более и более вплоть до покоя, они взаимно уничтожают друг друга в каждый момент лишь на бесконечно-малое движение или на мертвую силу, равную с обеих сторон; но количество мертвой силы оценивается по законам равновесия количеством движения, которое, правда, бесконечно-мало, но непрерывное повторение которого исчерпывает, наконец, все количество движения обоих тел, которое, по предположению, одинаково в одном и другом теле. Вследствие этого то и другое количества движения исчерпываются в одно и то же время, и, следовательно, оба тела приводятся к покою в одно и то же время действием своих упругостей, которые, восстанавливаясь затем, возвращают движение. В этом непрерывном уменьшении количества движения, согласно равновесию при соударении обоих упругих тел, состоит причина того парадокса, что две абсолютные силы, которые неравны, но имеют равное количество движения, должны остановить друг друга, потому что это происходит во взаимном действии, где взаимодействие происходит лишь согласно непрерывно повторяемым бесконечно-малым количествам движения.

Посредством рассуждения и опыта мы находим, что сохраняется отнюдь не количество движения, а абсолютная живая сила, которая оценивается тем насильственным эффектом, который она может произвести. Ибо если бы эта живая сила могла когда-либо возрасти, то было бы действие более могучее, чем причина, или же имелось бы, механическое вечное движение, т. е. такое, которое могло бы воспроизводить свою причину и еще кое-что сверх нее, что нелепо. Но если бы сила могла уменьшаться, она, наконец, уничтожилась бы совсем, ибо, не имея никогда возможности увеличиваться и имея зато возможность уменьшаться, она все более и более уничтожалась бы, что без сомнения противоречит порядку вещей. Опыт это также подтверждает, и всегда найдут, что если тела превращают свои горизонтальные движения в движения подъемные, они всегда смогут поднять в сумме один и тот же вес на одну и ту же высоту до и после удара, предполагая, что никакая часть силы не была поглощена при ударе частями тел, если эти тела не вполне упруги, не говоря о том, что поглощает среда, основание и другие причины. Но так как это предмет, который я достаточно выяснил раньше, я его не буду повторять.

Теперь мне легко подойти к вопросу с другой стороны и показать еще сохранение чего-то более приближающегося к количеству движения, а именно сохранение движущего действия (action motrice). Вот общее устанавливаемое мною правило. Какие бы изменения ни происходили между соударяющимися телами, в каком бы числе они ни были, нужно, чтобы в телах, соударяющихся только между собой в один и тот же промежуток времени, имелось всегда одно и то же количество движущего действия. Например, в течение этого часа во всемирной или в данных телах, действующих лишь между собой, должно быть столько же движущего действия, сколько его будет в течение любого другого часа.

Чтобы понять это правило, нужно объяснить, как производить оценку величины движущего действия, совершенно отличного от количества движения, и от того, как количество движения обычно понимается и как оно было объяснено выше. Но для того чтобы могло быть оценено движущее действие, нужно сначала оценить *формальный эффект* движения. Этот формальный, или присущий движению эффект заключен в том, что именно изменяется вследствие этого движения, т. е. в количестве переносимой массы и в пространстве или длине, на которую эта масса переносится. Это есть присущий движению эффект, или то, что в нем изменяется. Ибо это тело сначала было там, теперь оно здесь: масса тела такова и расстояние такое-то. Я воображаю для большей легкости, что тело движется так, что каждая точка описывает прямую линию, равную и параллельную описываемой любой другой точкой того же тела. Я предполагаю также, что движение равномерно и непрерывно. Если положить это, то *формальный эффект движения* есть произведение перемещающейся массы на длину перемещения; таким образом, если тело, пропорциональное 2, перемещается на расстояние 3 футов, а другое тело, пропорциональное 3, перемещается на расстояние 2 футов, то формальные эффекты равны. Нужно хорошо различать то, что я называю здесь *формальным эффектом*, или присущим движению, от того, что я назвал выше *насильственным эффектом*. Ибо насильственный эффект поглощает силу и проявляет себя на чем-то внешнем; формальный же эффект находится в движущем теле, взятом само по себе, и не поглощает силу, а даже скорее сохраняет ее, ибо одно и то же поступательное движение одной и той же массы должно всегда сохраняться, если извне ничто ему не препятствует: именно по этой причине абсолютные силы относятся как насильственные эффекты, которые их поглощают, а вовсе не как формальные эффекты. Теперь будет легче понять, что такое движущее действие: его нужно оценивать не только через производимый им фор-

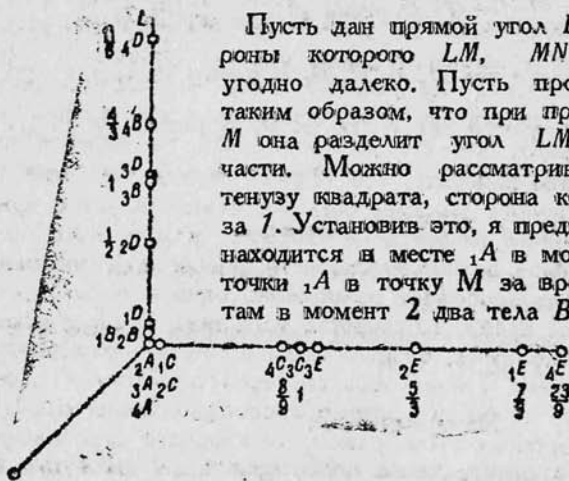
малый эффект, но также по эффективности, или скорости, с которой оно его производит. Хотят перенести 100 фунтов на расстояние в 1 лье; это есть требуемый формальный эффект. Один хочет сделать это за час, другой за два часа; я говорю, что действие первого вдвое больше действия другого, будучи вдвое быстрее при одинаковом эффекте. Я всегда предполагаю движение непрерывным и равномерным. Можно также сказать, что если тело, пропорциональное 3, перенесено на длину 5 футов за 15 минут времени, то действие будет таково же, как если бы тело, пропорциональное 1, было перенесено на расстояние 1 фута за 1 минуту времени.

Это определение движущего действия достаточно оправдывается а priori, ибо очевидно, что при чисто формальном действии, взятом само по себе, — каково здесь действие движущегося тела, взятого отдельно, — нужно рассмотреть два пункта: формальное действие или то, что изменилось, и быстроту изменения, так как ясно, что тот, кто производит то же формальное действие за меньшее время, действует больше. Но если бы кто-либо упорствовал в оспаривании этого моего определения движущего действия, мне было бы достаточно сказать, что для меня все равно, как я назову, то, что выше я определил как движущее действие, лишь бы природа затем оправдала действительность этого формального определения; а так именно и будет, когда я покажу, что это именно и есть то, количество чего сохраняется природой.

Коль скоро движущее действие есть то, что появляется при умножении формального эффекта на скорость, я хочу дать более точное определение величины скорости. Известно, что если два движущихся тела пробегают равномерно одно и то же пространство в неравное время, то скорость того тела, которое пробегает его за меньшее время, будет больше в том же отношении, в каком время короче. Таким образом, если пройденные пространства равны, то скорости обратно пропорциональны временам. Но если бы времена были равны, то скорости относились бы как пройденные пространства. Ибо если одно движущееся тело пробежало один фут за одну минуту, а другое два фута, очевидно, что скорость второго двойная. Таким образом, скорости прямо пропорциональны величине пространства и обратно пропорциональны величине употребленных времен. Или, что то же самое, чтобы иметь оценку величины скорости, нужно взять пространство и разделить его на время. Например, если *A* проходит 4 фута в 3 секунды, а *B* проходит 2 фута в 1 секунду, то скорость *A* будет пропорциональна $\frac{4}{3}$, деленным на 3, т. е. $\frac{4}{9}$, а скорость *B* будет пропорциональна 2, деленным на 1, т. е.

2, и таким образом скорость A будет относиться к скорости B , как $\frac{4}{3}$ к 2, т. е. как 2 к 3.

Теперь нужно проверить сохранение движущего действия. Я могу дать общее доказательство в немногих словах, ибо я доказал в другом месте, что сохраняется одна и та же сила и потому что в сущности проявление силы или сила, взятая во времени, есть действие и абстрактная природа силы состоит лишь в этом. Итак, коль скоро одна и та же сила сохраняется и коль скоро действие есть произведение силы на время, одно и то же действие будет сохраняться за равные времена. Но я хочу это проверить детально на законах движения, установленных опытом и принятых обычно. Я удовольствуюсь одним примером: но то же самое найдут во всяком другом примере, который угодно будет выбрать. И можно было бы даже усмотреть сначала общую причину этого, произведя вычисления in abstracto или в общем виде и в буквах, не употребляя никаких частных чисел. Но для того, чтобы облегчить понимание всем, я предпочитаю дать числовой пример.



Пусть дан прямой угол LMN (рис. 58), стороны которого LM , MN продолжены как угодно далеко. Пусть проведена прямая AM таким образом, что при продолжении за точку M она разделит угол LMN на две равные части. Можно рассматривать AM как гипотенузу квадрата, сторона которого принимается за 1. Установив это, я предполагаю, что тело A^1 находится в месте $1A$ в момент 1 и идет из точки $1A$ в точку M за время 1, 2 и встречается там в момент 2 два тела B и C , которые нахо-

дились в покое в течение времени 1, 2, что узнается из чертежа потому, что их место обозначается через $1B$ и через $2B$, точно

Рис. 58

так же, как через $1C$ и через $2C$. Но тело A встречает оба тела в M в момент 2, будучи в M , или $2A$ выгонит их и придет в покой в M — точке, которая будет также являться $3A$ и $4A$, потому что A там останется в течение времен 2, 3 и 3, 4, которые я предполагаю равными между собой и равными

¹ Здесь не считаются с толщиной тел, которую предполагают незначительной. Прим. автора.

времени 1, 2. Но В пойдет к L от момента 2 в течение времени 2, 3 со скоростью, пропорциональной 1, и встретит в момент 3 тело D, которое шло раньше впереди его в течение времени 1, 2 из места ${}_1D$ в место ${}_2D$ и в течение времени 2, 3 из места ${}_2D$ в место ${}_3D$ со скоростью, пропорциональной $\frac{1}{2}$. Но В, встречая D в момент 3, сообщит ему скорость ${}_3D_4D$, т. е. за время 3, 4 D придет в ${}_4D$ и за это время В пойдет из ${}_3B$ в ${}_4B$ со скоростью ${}_3B_4B$. То же самое будет с другой стороны, где С, толкаемое А, в момент 2 пойдет к N со скоростью 1 и встретит в момент 3 тело E, которое идет против него, пройдя раньше за время 1, 2 из места ${}_1E$ в место ${}_2E$ и в течение времени 2, 3 из места ${}_2E$ в место ${}_3E$ со скоростью, пропорциональной $\frac{2}{3}$. Но С, встречая E в момент 3, даст ему скорость ${}_3E_4E$, т. е. такую, что за время 3, 4 оно придет из ${}_3E$ в ${}_4E$. И за это время С перейдет из ${}_3C$ в ${}_4C$ со скоростью ${}_3C_4C$.

Следует перечень масс скоростей.

Массы тел A, B, C, D, E равны 1, 1, 1, 2, $\frac{1}{2}$.

За время 1, 2 скорости тел A, B, C, D, E равны $\sqrt{2}$, 0, 0, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$.

За время 2, 3 скорости тел A, B, C, D, E равны 0, 1, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$.

За время 3, 4 скорости тел A, B, C, D, E равны 0, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{5}{9}$, $\frac{14}{9}$, причем нужно заметить, что тело С, вместо того чтобы идти вперед, отражается назад со скоростью $\frac{1}{9}$.

Определение этих чисел найдется в правилах или уравнениях, которые мы укажем ниже.

Сделаем теперь подсчет движущих действий за равные между собой времена 1, 2; 2, 3; 3, 4;

За время 1, 2;

А имеет массу единицу, длина перемещения, ${}_1A_2A$ есть $\sqrt{2}$. Таким образом, умножая одно на другое, получаем формальный эффект $\sqrt{2}$. Скорость получается делением длины $\sqrt{2}$ на время, что дает $\sqrt{2}$. Умножая действие на скорость, получаем движущее действие А, равное 2.

В и С находятся в покое в течение этого времени в ${}_1B_2B$ или ${}_1C_2C$, следовательно, их движущее действие есть 0.

D имеет массу 2, длину перемещения $\frac{1}{2}$, формальный эф-

Эффект есть 2 на $\frac{1}{2}$ или 1. Длина $\frac{1}{9}$, будучи разделена на время 1, даст скорость $\frac{1}{2}$ и действие, умноженное на скорость, есть 1 на $\frac{1}{2}$, или $\frac{1}{2}$, что дает действие D.

E имеет массу $\frac{1}{2}$, длину перемещения $\frac{2}{3}$, следовательно, эффект $\frac{1}{3}$. Но длина $\frac{2}{3}$, разделенная на 1, дает скорость $\frac{2}{3}$, которая, будучи умножена на эффект, дает $\frac{2}{9}$, действие E.

Сумма всех движущих действий тел A, B, C, D, E за время 1, 2 есть $2 + 0 + 0 + \frac{1}{2} + \frac{2}{9} = \frac{49}{18}$.

За время 2, 3:

A находится в покое и его действие есть 0.

B имеет массу 1, длину перемещения 1 (именно B, B), формальный эффект 1; длина 1, деленная на время 1, дает скорость 1, которая, будучи умножена на эффект 1, дает 1, что и есть действие B.

C; для C вычисление таково же и получается то же действие 1.

D имеет то же действие, что в предыдущий момент, а именно $\frac{1}{2}$.

E также имеет то же действие, что за предыдущее время, именно $\frac{2}{9}$.

Сумма всех движущих действий тел A, B, C, D, E за время 2, 3 есть $0 + 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{2}{9} = \frac{49}{18}$, как прежде.

Наконец, за время 3, 4

A находится в покое и его действие есть 0.

B имеет массу 1, длину перемещения, именно B, B, есть $\frac{1}{3}$; следовательно, эффект есть $\frac{1}{3}$. Та же длина $\frac{1}{3}$, деленная на время 1, дает $\frac{1}{3}$ для скорости, которая, будучи умножена на эффект, дает $\frac{1}{9}$, действие B.

C имеет массу 1, длину перемещения C, C есть $\frac{1}{9}$, следо-

зательно, формальный эффект есть $\frac{1}{9}$. Ибо здесь не важно, когда ищут абсолютные вещи, идет ли C вперед по $\pm C$, или отражается назад, как оно делает в действительности. Одна и та же длина $\frac{1}{9}$, разделенная на время 1, дает скорость $\frac{1}{9}$, которая, умноженная на эффект, дает $\frac{1}{81}$ для действия C .

D имеет массу 2, длина перемещения $\pm D$ есть $\frac{5}{6}$; следовательно, эффект есть $\frac{5}{3}$. Та же, длина, деленная на время, есть $\frac{5}{6}$ или скорость, которая, умноженная на эффект, дает $\frac{25}{18}$, что есть действие D .

E имеет массу $\frac{1}{2}$, длина перемещения есть $\frac{14}{9}$, эффект $\frac{7}{9}$. Та же длина, деленная на время 1, есть $\frac{14}{9}$, т. е. скорость, которая, умноженная на эффект, дает $\frac{98}{81}$ для действия E .

Сумма всех движущих действий тел A, B, C, D, E за время 3,4 есть $0 + \frac{1}{9} + \frac{1}{81} + \frac{25}{18} + \frac{98}{81} = \frac{18 + 2 \cdot 225 + 196}{162} = \frac{441}{162} = \frac{49}{18}$, как в каждом из предыдущих случаев.

Я следовал в этом вычислении общему методу, так как движущие действия не только равны за равные времена, но пропорциональны временам за неравные времена. Я разделил пространство на время, чтобы иметь скорость, но когда время каждый раз одинаково, как здесь, и таким образом можно его принять за единицу, деление на время ничего не изменяет, и, следовательно, за скорость можно принять число, выражающее длину перемещения, скорости будут пропорциональны временам: отсюда очевидно, что так как эффект есть произведение массы и пространства и скорость пропорциональна пространству, действие пропорционально произведению массы на квадрат пространства перемещения (разумеют горизонтальное перемещение тяжелых тел) или произведению массы на квадрат скорости. И я покажу ниже в третьем уравнении, что сумма этих произведений масс на квадраты скоростей сохраняется при соударении тел. Таким образом доказано, что движущее действие сохраняется, не говоря о других доказательствах, посредством которых я показал в других местах, что силы сохраняются и что силы относятся, как произведения масс на квадраты скоростей, в то время как действия относятся, как произведения сил на времена. Итак, если бы не знали из других мест эту оценку о сохранении силы, о нем узнали бы здесь, находя посредством

детального вычисления или даже в общем виде посредством третьего уравнения, данного ниже, что движущее действие сохраняется; но ясно, что движущие действия пропорциональны силам и времени, а так как времена одни и те же, движущие действия относятся как мощности или силы.

Но удивятся, откуда берется этот успех, который не изменяет, каким бы запутанным ни был выбранный пример. Это можно доказать а priori независимо от принятых правил движения, и я это показал несколько раз различными путями. Здесь я покажу, что это доказывается на основании самих правил удара, которые подтверждены опытами и которые могут быть пояснены методом лодки (*méthode d'un bateau*)¹, как это сделал г-н Гюйгенс, и множеством других способов, хотя всегда надо предположить нечто не математическое и имеющее свой вышеуказанный источник. Тем не менее я приведу все это к трем весьма простым и прекрасным уравнениям, которые содержат все, что касается центрального удара двух тел по одной и той же прямой.

Согласные скорости (*vitesse*s conspirantes)

тела *a* до удара *v*, после *x*
 » *b* » » *y* » *z*

Я называю эти скорости согласными, потому что предлагаю, что они направлены обе в сторону, куда идет общий центр тяжести обоих тел. Если же, быть может, какая-либо скорость на самом деле идет в обратном направлении, то буква, выражающая согласную скорость, обозначает отрицательное количество. Но всегда мы будем считать тело *a* телом, скорость которого действительно является согласной или идет в ту же сторону, что центр тяжести до удара, и даже так, что тело *a* следует за общим центром тяжести, а не предшествует ему. Таким образом знаки не меняются для *v*, но могут измениться для *y*, *z*, *x*. Вот теперь наши три уравнения:

1. *Линейное уравнение*, которое выражает сохранение причины удара или относительной скорости:

$$v - y = z - x.$$

¹ Лейбниц имеет в виду введение понятия относительного движения, которое применяет Гюйгенс в своем исследовании «Движение тел при соударении» (помещено в этом сборнике и астр. 293 и след.). Гюйгенс в своих рассуждениях вводит двух наблюдателей, один из которых находится в лодке, движущейся прямолинейно и равномерно, и берет ее за систему отсчета, а другой находится на берегу, являющемся для него системой отсчета. *Прим. ред.*

где v — u означает относительную скорость между телами до удара, с которой они приближаются, а z — x означает относительную скорость, с которой они удаляются после удара. Эта относительная скорость всегда бывает одинаковой величины до или после удара, в предположении, что тела вполне упруги и это то, что говорит это уравнение. Надо только заметить, что так как знаки изменяются при объяснении деталей, то это общее правило будет содержать все частные случаи. Это же происходит и в следующем уравнении:

II. Плоское уравнение (*équation plane*), которое выражает сохранение общего или полного продвижения обоих тел:

$$av + by = ax + bz.$$

Я называю здесь продвижением количество движения, идущее в сторону центра тяжести; таким образом, если, например, тело b шло в обратном направлении до удара и его согласная скорость y была отрицательна или выражалась через $- (y)$, понимая под (y) *moëm*, или то, что есть положительного в y , — то продвижение a будет av , продвижение b будет $- b(y)$. Общее продвижение будет $av - b(y)$, что является разностью количества движения обоих тел. Если тела a и b идут в одну и ту же сторону до и после удара, эти буквы v , y , x , z обозначают лишь действительные или утвердительные согласные скорости, и в таком случае из этого уравнения видно, что одно и то же количество движения сохранится и до и после удара. Но если бы тела a и b шли в противоположном направлении до удара и в одном и том же направлении после удара, то разность количества движения до удара была бы равна сумме количества движения после удара. И подобные изменения будут иметь место, смотря по изменению знаков букв y , x , z .

III. Пространственное уравнение (*équation solide*), которое выражает сохранение абсолютной силы, или движущего действия:

$$avv + byy = axx + bzz.$$

Это уравнение превосходно в том отношении, что все изменения знаков, которые могут происходить лишь от различных направлений скоростей v , x , z , y , прекращаются, потому что все буквы, выражающие эти скорости, возводятся здесь в квадрат. Но $-u$ и $+u$ имеют один и тот же квадрат. $+uu$ и таким образом все эти различные направления ничего не могут сделать в отношении изменения знака. Кроме того это уравнение дает нечто абсолютное, независимое от относительных скоростей или от продвижений в определенную сторону. Здесь речь идет лишь о том,

чтобы оценить массы и скорости, не утруждая себя тем, в какую сторону идут эти скорости. И это удовлетворяет одновременно строгости математиков и пожеланиям философов, опытам и доводам, почерпнутым из различных принципов.

Хотя я привожу вместе эти три уравнения вследствие их красоты и гармонии, тем не менее при необходимости было бы достаточно двух, ибо, взяв какие-либо два из этих уравнений, можно из них вывести остающееся. Первое и второе дают третье следующим образом. Из первого уравнения получим $v + x = y + z$, из второго $a.v - x = b.z - y^1$ и, умножая одно уравнение на другое подленно получим $a.v - x.v + x = b.z - y.z + y$, что дает $a.vv - a.xx = b.zz - b.yy$, или уравнение третье. Точно так же первое и третье дают второе, ибо $a.vv - xx = b.zz - yy$, что есть третье уравнение, разделенное на первое $v + x = z - y$ подленно, дает: $a.vv - xx : v + x = b.zz - yy : z + y$, откуда получается $a.v - x, b.z - y$, т. е. уравнение второе. Наконец второе и третье уравнения дают первое. Ибо третье $a.vv - xx = b.zz - yy$, разделенное на второе, именно на $a.v - x = b.z - y$, дает $\frac{a.vv - xx}{a.v - x} = \frac{b.zz - yy}{b.z - y}$, откуда получается $v + x = z + y$, согласно уравнению первому.

Я прибавлю лишь одно замечание касательно различия, которое некоторые делают между телами твердыми и мягкими, а деля сами твердые тела на упругие и неупругие строя на этом различные правила. Но тела можно, естественно, принимать за твердые-упругие, не отрицая все же, что упругость должна всегда происходить от более тонкой и проникающей жидкости, движение которой нарушается натяжением или изменением упругости. Так как эта жидкость должна быть составлена сама из маленьких твердых тел, упругих между собой, хорошо видно, что это сведение (replication) твердых тел и жидкостей продолжается до бесконечности. Но эта упругость тел необходима природе для того, чтобы получить исполнение великих и прекрасных законов, которые поставил себе ее бесконечно мудрый творец и среди которых не наименьшие те два закона природы, которые я первый сообщил. Из них первый есть закон сохранения абсолютной силы, или движущего действия во вселенной с некоторыми другими, новыми абсолютными сохранениями, которые от него зависят и которые я объясню когда-нибудь, а второй есть закон непрерывности, в силу которого всякое изменение должно происходить посредством незаметных переходов, и никогда не происходит посредством скачка. Отсюда проистекает также то, что природа не терпит

¹ Запятая употребляется Лейбницем вместо скобок. *Дополн. приб.*

твердых неупругих тел. Чтобы показать это, вообразим, что твердый неупругий шар ударяет такой же покоящийся шар: после удара надо или чтобы оба шара покоились, в каком-либо случае закон сохранения силы был бы нарушен, или чтобы было движение; и чтобы шар, находившийся в покое, получил его, так как он не может считаться несотрясаемым, а если мы вообразим его таковым, надо, чтобы ударяющий (чтобы сохранить силу) отразился внезапно назад. Но это — запрещенное изменение, ибо оно произошло скачком, и тело, которое идет в одну сторону, должно ослаблять свое движение до покоя, прежде чем начать идти постепенно все более и более назад. Но так как ударяемый шар должен получить движение, то будет иметься еще изменение скачком, так как ударяемый шар, находившийся в покое, должен получить некоторую степень скорости внезапно, не будучи деформируемым (pliable), чтобы получить ее понемногу и постепенно. Очевидно также, что нужно или чтобы ударяющий шар пришел внезапно в состояние покоя, что было бы уже изменением, скачком, или же этот ударяющий шар сохраняет некоторую скорость, чтобы ударяемый шар, который находился в покое, получил скорость внезапно и притом не меньшую, чем скорость ударяющего, коль скоро ударяемый должен либо остановить ударяющий, либо пойти впереди него. Таким образом ударяющий переходит внезапно от скорости к покою, или, по крайней мере, ударяемый переходит внезапно от покоя к некоторой степени скорости, не проходя через средние степени, что противоречит закону непрерывности, не допускающему никакого изменения скачком в природе. Я имею еще много других доводов, которые все содействуют изгнанию твердых неупругих тел, но здесь не место распространяться об этом.

Все же надо признаться, что хотя тела должны быть таким образом естественно упругими, в том смысле, который я только что объяснил, тем не менее иногда упругость не проявляется достаточно в массах или телах, которое мы употребляем, хотя эти массы составлены из упругих частей и похожи на мешок, наполненный небольшими твердыми шариками, которые уступают небольшому удару, не восстанавливая формы мешка, как это видно на мятких телах или тех, которые поддаются, недостаточно восстанавливаясь. Это потому, что части в них недостаточно связаны, чтобы передавать свое изменение на тело в целом. Отсюда происходит, что при ударе таких тел часть силы поглощается маленькими частями, которые составляют массу без того, чтобы эта сила была возвращена полностью: и это всегда должно происходить, если надавливаемая масса не восстанавливается в совершенстве. Хотя случается также, что масса оказывается более или менее упругой, смотря по различному способу

удара, чему свидетель сама вода, которая уступает небольшому давлению и заставляет отскакивать пушечное ядро.

Но когда части тел поглощают силу удара целиком, как в случае соударения двух кусков жирной земли или глины или частично, как если встречаются два деревянных шара, которые гораздо менее упруги, чем два шара из яшмы или закаленной стали: когда, говорю я, сила поглощается частично, то столько же потеряно для абсолютной силы и для относительной скорости, т. е. для первого и третьего уравнений, которые все же выполняются, ибо то, что осталось после удара, стало меньше, чем то, что было до удара, вследствие того, что часть силы отвлекается в другое место. Но количества продвижения или второго уравнения это не касается. И даже движение этого полного продвижения остается одно, когда оба тела идут вместе после удара со скоростью их общего центра, как делали бы два шара из жирной земли или глины. Но в телах полуупругих, как два деревянных тела, случается еще кроме того, что тела удаляются друг от друга после удара, хотя и с ослаблением первого уравнения, согласно той силе удара, которая не поглощена. По некоторым опытам, касающимся степени упругости этого дерева, можно было бы предсказать, что должно произойти с шарами, сделанными из него, во всякого рода встречах или ударах. Однако эта потеря полной силы или это нарушение третьего уравнения не противоречит нерушимой истине закона сохранения одной и той же силы в мире. Ибо то, что поглощается маленькими частицами, не потеряно абсолютно для вселенной, хотя и потеряно для полной силы соударяющихся тел.

В системе Ньютона для Лейбница был неприемлем закон тяготения, как чисто феноменологически описывающий законы движения. Свои взгляды Лейбниц изложил в письме к Гюйгенсу, приводимом ниже. Во взглядах Лейбница на тяготение отразилось влияние Гюйгенса, с которым Лейбниц сблизился во время пребывания в Париже в 1672 — 1676 гг. Знакомство с Гюйгенсом дало сильный толчок к работам Лейбница в области динамики.

...Внимательно ознакомившись с книгой г-на Ньютона, которую я впервые видел в Риме, я в должной мере оценил многое из того прекрасного материала, который она содержит. Тем не менее я не понимаю, как Ньютон представляет себе тяжесть, или притяжение. Повидимому, в его представлении оно является только неким нематериальным и необъяснимым свойством, тогда как Вы объясняете его очень вразумительно законами механики. Когда я разработал вопрос о гармоническом движении по окружности² т. е. обратно пропорциональном расстояниям, причем мне пришлось принять во внимание закон Кеплера (о пропорциональности времени и площадей), я нашел особен-

¹ Перевод с французского сделан с издания Christian Huygens, Oeuvres complètes Ed. de la Hay. 1901 — VIX. Письмо № 2628, стр. 523. Нанновре 1690.

² Речь идет о статье Лейбница в Acta Eruditorum от февраля 1689 г., озаглавленной «Tentamen de motuum coelestium causis». В этой замечательной статье Лейбниц рассматривает перпендикулярное радиусу-вектору движение (круговое движение) планеты как вызванное наличием декартова вихря, в котором скорости обратно пропорциональны скоростям радиус-вектора (так называемый «гармонический» вихрь). Прим. 8 к письму 2561. Прим. ред. соч. Гюйгенса, Idem, стр. 367.

ное преимущество этого вида кругового движения в том, что оно является единственным, которое способно сохраниться в среде, движущейся таким же образом, и прочно согласовать движение твердого тела и окружающего его флюида. В этом заключалась физическая причина, которую я предполагал дать когда-нибудь для обоснования этого вида движения, при котором свойства тел предустановлены в целях наиболее совершенного согласования. Ибо только при одном гармоническом движении движущееся по кругу тело в точности сохраняет силу своего направления или предшествовавшего импульса, как если бы оно двигалось в пустом пространстве под действием одной только своей стремительности, соединенной с тяжестью. То же самое тело движется в эфире, как если бы оно спокойно плавало в нем, не обладая никакой собственной стремительностью и никаким остатком прежних импульсов, и только безусловно повиновалось бы окружающему эфиру, поскольку вопрос касается кругового движения (парацентрическое движение я оставляю в стороне); ибо, как я доказал в лейпцигских «Актах» (стр. 89, февраль 1689 г.), если круглое движение D_1M_2 или D_2M_2 гармоническое, а M_3L параллельно OM_2 , и встречает предыдущее продленное направление M_1M_2 в L , то M_1M_2 равно M_2L (или GM_1^1 ; правер забыл проставить букву G между T_2 и M_2 , как указано в моем описании), и, следовательно, новое направление M_2M_3 является составленным, как из предыдущего направления M_2L с присоединением нового импульса тяжести, т. е. LM_3 , так и из скорости кругового движения окружающего эфира $D_1M_3^2$ в гармонической прогрессии, соединенной с уже приобретенной парацентрической скоростью $M_2D_1^3$ в любой прогрессии. Но какое бы иное круговое движение, кроме гармонического, мы ни предположили, тело, сохраняющее предыдущий импульс M_2L , не сможет повиноваться закону кругового движения D_1M_2 , которое вихрь или

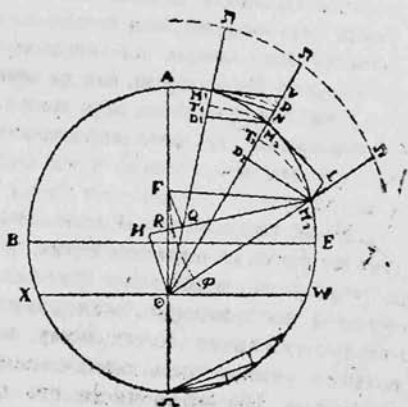


Рис. 59

¹ Следует читать GM_3 . Действительно статья, упомянутая в письме № 2561, прим. 8, содержится на стр. 89 под № 15 доказательство равенства линий M_1M_2 и GM_3 . Прим. ред. трудов Гюйгенса.

² Следует читать D_2M_3 . Прим. ред. трудов Гюйгенса.

³ Следует читать M_2D_1 . Прим. ред. трудов Гюйгенса.

окружающий эфир захотят ему предписать, и это вызовет движение, составленное из этих двух импульсов. Вот причина, по которой движущиеся по кругу тела, как жидкие, так и твердые, после долгой борьбы и сопротивления, были приведены к этому единственному виду кругового движения, при котором они гармонируют с окружающими телами и при котором каждое из них движется как бы самостоятельно, или в пустом пространстве. Тем не менее я не решился, вместе с Ньютоном, отбросить воздействие окружающего эфира, и даже теперь я не вполне убежден, что он является излишним. Хотя теория Ньютона и удовлетворяет нас, пока мы рассматриваем только одну планету или одного спутника, но с помощью одного только движения, соединенного с тяжестью, она не может объяснить, почему все планеты одной и той же системы движутся приблизительно по одному и тому же пути и в одном и том же направлении. Мы замечаем это не только в планетах солнца, но и в планетах Юпитера и Сатурна. Это с очевидностью доказывает, что существует некая общая причина такого движения, а какую другую причину можно было бы привести с большей вероятностью, чем особый вид вихря или общей материи, который их увлекает? Ссылаться на предначертания творца природы недостаточно для философии, когда имеется возможность установить более близкие причины; еще менее разумно приписывать счастливой случайности ту согласованность планет одной системы, которую мы наблюдаем во всех трех системах, т. е. во всех тех, которые нам известны¹. Удивляет меня также, что г-н Ньютон не нашел нужным как-нибудь обосновать закон тяжести, к которому меня также привело эллиптическое движение. На стр. 161² Вы, м. г., совершенно правильно указываете на то, что причина этого закона заслуживает исследования. Я был бы очень рад узнать Ваше суждение о тех моих размышлениях на эту тему, которые я намеревался опубликовать при удобном случае, и о которых я упоминал в конце своей работы, помещенной в Acta, при изложении моих первых размышлений. Вот два способа разъяснения; судите сами, какой из них Вы находите предпочтительным, и можно ли их согласовать. Если представить себе тяжесть как силу притяжения, имеющую лучи наподобие света, то это притяжение будет всегда сохранять такую же пропорцию,

¹ См. ниже переписку Ньютона и Бентли. Прим. ред.

² Следует читать: 160. (Traité de la Pesenteur. Red.) Вопрос касается следующей фразы: «Я также не подумал об этом закономерном уменьшении тяжести, т. е. что оно обратно пропорционально квадратам расстояний от центра. Это — новое и весьма значительное свойство тяжести, причина которого достойна серьезного исследования». Прим. ред. трудов Гюйгенса.

как и освещение; потому что доказано другими, что освещение предметов обратно пропорционально квадрату расстояния от светящейся точки, и что освещение каждой точки сферической поверхности обратно пропорционально тем сферическим поверхностям, через которые проходит одинаковое количество света. Но сферические поверхности относятся друг к другу как квадраты расстояний. Поэтому судите сами, м. г., нельзя ли допустить, что эти лучи вызываются усилением материи, стремящейся удалиться от центра? Я думал также о другом способе разъяснения, не менее удачном, и который, повидимому, лучше увязывается с Вашей мотивировкой тяжести, как возникающей из центробежной силы кругового движения эфира; эта мотивировка всегда казалась мне весьма правдоподобной. Я прибегаю к гипотезе, которая кажется мне очень разумной. А именно: каждая орбита или концентрическая круговая окружность этой движущейся по кругу материи обладает одинаковым количеством движущей силы; благодаря этому они хорошо взаимно уравновешиваются, и каждая орбита сохраняет свою движущую силу; но движущую силу или силу я измеряю количеством действия, например, сила поднятия одного фунта на высоту одного фута равняется $\frac{1}{4}$ силы, способной поднять один фунт на 4 фута, на что требуется только удвоенная скорость¹. Отсюда следует, что абсолютные силы относятся друг к другу, как квадраты скоростей. Возьмем для примера две орбиты или две концентрические окружности; так как окружности пропорциональны радиусам или расстояниям от центра, то пропорционально им и количество материи, находящейся в каждой орбите, образованной во флюиде; если же движущие силы двух орбит равны, то квадраты их скоростей должны быть обратно пропорциональны их материям, а следовательно, и расстояниям; иначе говоря, скорости орбит будут обратно пропорциональны квадратным корням из расстояний от центра. Отсюда вытекают два важных следствия, которые оба проверены наблюдением. Первое заключается в том, что квадраты времен обращений относятся друг к другу, как кубы расстояний. Потому что периодические времена состоят в сложной пропорции: прямой к орбитам или расстояниям и обратной — к скоростям, скорости же пропорциональны квадратным корням из расстояний; поэтому периодические времена находятся в сложном соотношении: они пропорциональны первой степени расстояний и квадратному корню расстояний, т. е. квадраты периодических времен относятся друг к другу, как кубы расстояний. Это именно наблюдал Кеплер в планетах солнца, и это же вполне подтвердилось открытием спутников

¹ См. выше, стр. 381. Прим. ред.

Юпитера и Сатурна, что, насколько мне известно, отмечено Кассини. Другое следствие, которое нам нужно для определения тяжести, заключается в том, что центробежные стремления обратно пропорциональны квадратам расстояний; ибо центробежные стремления вращательных движений прямо пропорциональны квадратам скоростей и обратно пропорциональны лучам или расстояниям; но здесь квадраты скоростей также обратно пропорциональны расстояниям; поэтому центробежные стремления обратно пропорциональны квадратам расстояний совершенно так же, как это должно быть в случае тяжести.

Вот приблизительно материал, который я намеревался опубликовать в другом труде¹, когда я издавал свои наброски; но делиться своими мыслями с Вами выгодно потому, что тем самым можно направить их на верный путь; поэтому я очень прошу Вас высказать Ваше мнение об изложенном. После моих удачных согласований, Вы вероятно не удивитесь, что я несколько склонен сохранить вихри, и может быть они не так виноваты, как это кажется Ньютону. Так, как я их понимаю, сами движения подтверждают существование уносимых (deferans) орбит флюида. Вы скажете, может быть, сначала, что гипотеза квадратов скоростей, обратно пропорциональных расстояниям, не согласуется с гармоническим движением по кругу. На это легко ответить: гармоническое движение по кругу встречается в каждом отдельном теле, если сравнивать его различные расстояния; но гармоническое движение по кругу в потенции (при котором квадраты скоростей пропорциональны расстояниям) встречается при сравнении различных тел, независимо от того, описывают ли они круговую линию или же за описываемую ими круговую орбиту принимают их среднее движение (т. е. результат, сокращенно эквивалентный совокупности их движений на различных расстояниях). Однако я отличаю эфир, который обуславливает тяжесть (а может быть, и направление и параллелизм осей) от гораздо более грубого эфира, который относит (defere) планеты.

Я еще не совсем доволен теми законами упругости, которые нам приводят, потому что, повидимому, опыт недостаточно согласуется с тем правилом, что растяжения струны (например)

¹ Этот труд никогда не был опубликован. Рукопись, озаглавленная Tentamen de Physicis Motuum celestium ratiouibus, которую издатель трудов Лейбница, Гергарт, счет за текст обещанного труда и которую он поэтому опубликовал в виде приложения к настоящему письму (Переписка, стр. 611), не содержит ни одного из рассуждений, приводимых Лейбницем в этой части его письма. Действительно, рукопись, не давая текста упомянутого труда, только говорит о нем в заключительных словах: «Другие причины этих движений мы изложим подробнее». Прим. ред. трудов Гюйгенса

пропорциональны растягивающим силам. Я хотел бы знать Ваше мнение на этот счет. Что касается до сопротивления среды, то мне кажется, что теоремы Ньютона, по крайней мере несколько из тех, с которыми я знакомился, согласуются с моими. То, что он называет сопротивлением, пропорциональным квадратам скорости (при равных временах), есть не что иное как то, что я называю «относительным сопротивлением»; последнее пропорционально скоростям и элементам пространства, независимо от того, равны ли времена или нет: таким образом, мне кажется, что я еще не отошел от Вашего мнения на этот счет, но мне еще нужно это обдумать.

□□□

ДЖОН СМИТОН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА И ДОЛИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И Т. Д.

JOHN SMEATON

AN EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE QUANTITY AND PROPORTION OF MECHANICAL POWER NECESSARY TO BE EMPLOYED IN GIVING DIFFERENT DEGREES OF VELOCITY TO HEAVY BODIES¹

Спор о двух мерах движения (mv и mv^2), который в XVII в. велся между сторонниками Декарта и Лейбница, имел и большое практическое значение. Статья Смитона, знаменитого усовершенствователя паровых машин, приводимая ниже, показывает, что правильное решение вопроса о двух мерах движения имело важное значение в XVII в. для инженеров-практиков как база для расчета двигателей.

Стр. 72—73

Около 1686 г. Ньютон издал свои «Начала» и определил, пользуясь языком математиков того времени, что «количество движения есть мера таковая, устанавливаемая пропорционально скорости и массе». В скором времени после издания «Начал» правильность или соответствие этого определения стала оспариваться некоторыми философами, которые утверждали, что мера количества движения должна измеряться соединенным количеством материи и квадратом скорости. Нет ничего более достоверного, чем то, что от воздействия равных действующих сил, действующих в течение равных промежутков времени, данные тела получают равные приращения скоростей, если среда не ока-

¹ Перевод с английского сделан на The Philosophical Transactions (Abridged) 1809 г. т. XIV.

² The Philosophical Transactions (Abridged) 1809 г. т. XIV.

зывает им сопротивления. Так, тяготение заставляет тело, которое испытывает данный им толчок в течение одной секунды, приобрести скорость, которая равномерно увлекала бы его и дальше без добавочного толчка, со скоростью в 32 фута 2 дюйма в секунду. Если бы тяготение воздействовало на тело в течение 2 секунд, то тело получило бы за это время скорость, с которой оно равномерно увлекалось бы со скоростью ровно вдвое больше первой, а именно в 64 фута 4 дюйма в секунду.

Теперь, если вследствие равного увеличения скорости в равные промежутки времени при продолжении действия одной и той же движущей силы, мы называем это (количество движения) двойным количеством движения, вызванным в данном количестве материи действием в течение двойного времени той же движущей силы, то это определение согласуется с вышеупомянутым определением Ньютона. Но из опытов с суммарным эффектом (total effect) движущихся тел вытекает, что если тело было приведено какой-либо силой в движение, то отпечаток, оставляемый им в равномерно сопротивляющейся среде или равномерно сопротивляющихся веществах, будет пропорционален массе, (вещества) движущегося тела, умноженной на квадрат его скорости. Следовательно, вопрос состоит, в сущности говоря, в том, можно ли считать, что эти величины — «количество движения», «момент движущихся тел» или «сила движущихся тел», которые обычно считались синонимами, — со всей доступной языку точностью, считать равными или вдвое или втрое большими, когда они вызваны одним и тем же толчком, действующим в течение равного, двойного или тройного промежутка времени, или же они должны измеряться тем, что эффект — преодоление сопротивления среды до того момента, как тело остановится, — будет равен или вдвое или втрое больше? Действительно, в зависимости от того, понимаются ли эти термины в том или в другом смысле, необходимо следует, что в одном случае моменты равных тел будут пропорциональны скоростям, в другом — квадратам скоростей, потому что ясно, что какое бы из них мы ни считали правильным определением количества движения, если мы будем обращать достаточно внимания на побочные обстоятельства, сопровождающие применение его, мы всегда получим с точки зрения расчета один и тот же результат. Я поэтому не стал бы беспокоить по этому поводу Общество¹, если бы не увидел, что не только я сам и другие техники-практики, но и несколько самых уважаемых ученых впади в эту ошибку при применении этого учения к практической механике,

¹ Имеется в виду Королевское общество, куда была представлена работа Смита. Прим. ред.

забывая уделить, а иногда пренебрегая тем необходимым вниманием, которое нужно уделять этим побочным обстоятельствам. Некоторые из этих ошибок не только очень значительны сами по себе, но также имеют большое значение и для публики, так как они дезориентируют техника-практика в ежедневно встречающихся ему работах, часто требующих для своего выполнения больших сумм денег.

(Стр. 76)

...Я нашёл, что эти явления, так же как и некоторые другие, выявляющиеся при экспериментах, весьма сильно рождаются с суждениями и выкладками авторов первостепенного значения, которые, рассуждая согласно формулировке Ньютона, вероятно, были введены в заблуждение недостатком внимания к надлежащим побочным обстоятельствам. Поэтому я счёл чрезвычайно важным установить такой ход мыслей, который не создавал бы риска впасть в ошибку, — особенно для работника практика. Для того чтобы совершенно уяснить вопрос себе самому, а может быть, и другим, я решил приступить к ряду опытов, из которых я мог бы узнать, какая доля или количество механической силы расходуется при придании одному и тому же телу различных степеней скорости. К выполнению своего плана я приступил в 1759 г. и демонстрировал свои результаты нескольким друзьям, в особенности моему дорогому и талантливому другу м-ру Вильяму Реселю.

При моем экспериментальном исследовании сила воды и ветра, о котором я говорил выше, я определил свое понятие о силе в применении к прикладной механике, т. е. то, что я ниже называю механической силой.

Рис. 60

Пользуясь терминами, равнозначущими моей прежней терминологии, я могу сказать, что механическая сила измеряется умножением веса тела на вертикальную высоту, с которой оно может опуститься. Таким образом, одна и та же тяжесть, спускаясь с удвоенной высоты, способна произвести удвоенный механический эффект и является, следовательно, удвоенной ме-

механической силой. Удвоенная тяжесть, опускающаяся с той же самой высоты, есть также удвоенная сила, потому что она также способна произвести удвоенный эффект. Данное тело, опускающееся с данной вертикальной высоты, представляет собой такую же силу, как удвоенное тело, опускающееся с половины данной вертикальной высоты, потому что при содействии соответствующих рычагов они будут уравнивать друг друга, согласно известным законам механики, которые никогда не оспаривались. Необходимо, однако, всегда подразумевать, что опускающееся тело, если оно действует как измеритель силы, мыслится спускающимся медленно, например как часовая гиря или домкрат, потому что при быстром опускании весьма ощутительно сказывается другой закон, а именно: закон ускорения вследствие действия силы тяжести.

(Стр. 82—84)

...Таким образом результаты порождения движения в горизонтальной плоскости в точности соответствуют результатам порождения движения действием силы тяжести, т. е. хотя за две секунды времени одинаковая движущая сила силы тяжести придает телу скорость, вдвое большую, чем за одну секунду, но присовокупляется то побочное обстоятельство, что к концу удвоенного времени тело, благодаря скорости, приобретенной в течение первой половины времени, упало от места начала своего движения на учетверенное расстояние по вертикали. Поэтому хотя скорость только удвоилась, но на это израсходовано вчетверо больше механической силы, потому что нужно затратить вчетверо больше механической силы, чтобы вернуть тело в его первоначальное положение. Это, повидимому, является основанием не только тех споров, которые велись по этому вопросу, но и ошибок, которые были допущены при применении различных определений количества движения. Те, которые присоединились к определению, данному сэром Исааком Ньютоном, упрекали своих противников в том, что они не учитывали времени, в течение которого осуществляется действие, хотя сами они не всегда учитывали то расстояние, которое движущая сила должна пройти при порождении различных степеней скорости. Мне кажется поэтому, что если не принимать в расчет побочных обстоятельств в виде времени и расстояния, то термины: количество движения, момент и сила движущихся тел—являются совершенно неопределенными и что их нельзя так удобно, отчетливо и основательно сравнивать, как при применении общего измерителя, т. е. механической силы.

Из всего того, что было мною исследовано, вытекает, что время, выражаясь правильно, не имеет никакого касательства

к произведению механических эффектов; оно только, благодаря своему равномерному течению, становится общим измерителем. Таким образом, каков бы ни был механический эффект, произведенный за данный промежуток времени, однообразное продолжение действия той же механической силы вызовет за удвоенный промежуток времени два таких эффекта, или удвоенный эффект. Выражаясь правильно, механическая сила измеряется всей совокупностью произведенного ею механического эффекта, независимо от того, произведен ли этот эффект в больший или меньший промежуток времени. Так, например, если мы накопим 1000 бочек воды, которую мы можем направить в наливное колесо мельницы, и если мы спустим ее по вертикали с высоты 20 футов, то эта сила, приложенная к соответствующим механическим приборам, вызовет определенный эффект, т. е. она сметет определенное количество зерна; а если мы будем расходовать силу в определенном темпе, то она сметет зерно в течение часа. Допустим, что мельница также может при приложении большей движущей силы произвести соответственно больший эффект, чем при приложении меньшей силы; в таком случае, если мы будем выпускать воду на колесо с удвоенной скоростью, то она сметет зерно вдвое скорее, и за полчаса будет израсходована вода и смолото зерно. Здесь произведен одинаковый механический эффект, т. е. смолото определенное количество зерна с помощью той же самой механической силы, т. е. 1000 бочек воды, спущенной по вертикали с определенной высоты в 20 футов. Однако этот эффект в одном случае произведен за половину того времени, которое потребовалось в другом случае. Таким образом, роль времени при данной работе такова: пусть темп выполнения работы или произведения эффекта будет какой угодно; но если темп однообразен и я экспериментально определил, что именно было выполнено за данный промежуток времени, то, сохраняя тот же темп, можно произвести удвоенный эффект за удвоенный промежуток времени, в предположении, что я располагаю достаточным запасом механической силы для продолжения работы.

Таким образом, 1000 бочек воды, спущенной по вертикали на 20 футов, представляют собой определенную механическую силу. Пусть я расходую эту силу в каком угодно темпе, но если, израсходовав ее, я вынужден ожидать в продолжение часа ее возобновления с помощью естественного течения реки или иначе, то за 24 часа я смогу израсходовать только 12 таких количеств силы. Если же, пока я расходую в течение часа 1000 бочек воды, река возобновляет мне то же самое количество, то за 24 часа я могу израсходовать 24 таких количества силы. Другими словами, я могу неизменно продолжать в том же темпе и результат или эффект будет пропорционален времени, которое

есть общий измеритель. Однако количество механической силы, возникающее из течения двух рек, если мы будем сравнивать его, исходя из одинаковой доли времени, будет в одном случае вдвое больше, чем в другом, хотя на каждой реке имеется по мельнице, которые, когда они работают, могут за один час смолоть одинаковое количество зерна¹.



¹ В настоящей статье м-р Смитон, повидимому, не проводит отчетливо различия между тем, что он называет механической силой, и ньютонovým термином «момент», или количество движения. Эти два вида силы как по своей природе, так и по своему точному определению совершенно различны. Одна измеряется своим моментальным или мгновенным действием, другая — своим действием в течение известного времени. Одна, согласно своему определению, есть сложное соотношение между массой тела и его скоростью, или произведение тела и его скорости или просто скорость в данном теле. Другая, согласно своему определению, оценивается массой, или весом, в совокупности с расстоянием, на которое эта масса опустилась или которое она прошла, приобретая свою скорость. А так как расстояние, на которое падает тело, как известно, пропорционально квадрату приобретенной скорости, то, следовательно, эта сила должна быть пропорциональна скорости данного тела. Поэтому ньютонів момент силы и механическая сила м-ра Смитона — две совершенно разные вещи как в смысле измерения, так и в смысле рода своего действия, хотя обе могут вызвать надлежащие результаты, будучи приложены к соответствующим объектам. *Прим. ред. Philosophical Transactions.*

ИСААК НЬЮТОН

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРЕЛ
НОЙ ФИЛОСОФИИ

1686 г.

ISAAC NEWTON

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

Перевод с латинского с пояснениями и примечаниями акад. А. Н. Крылова, с лат. изд. 1871 г. «Известия Николаевской морской академии», вып. IV, Петроград, 1915.

Сочинение это было издано в 1686 г. по-латыни. При жизни Ньютона оно было переиздано в 1713 и 1725 гг., затем последовало еще пять-шесть латинских изданий; последнее в 1871 г. под редакцией В. Томсона (лорд Кельвин) и Блакбурна. На английский язык «Начала» переведены с большой точностью Моттом и впервые изданы в 1727 г.

«Начала» состоят из следующих частей: 1) Определения. 2) Аксиомы. 3) Первая книга. О движении тел. 4) Вторая книга. О движении тел. 5) Третья книга. О системе мира.

В настоящем сборнике приводятся целиком «Определения» и «Аксиомы».

(Стр. 1—4)

Предисловие автора к первому изданию

Так как древние, по словам Платона, придавали большое значение механике при изучении природы, то и новейшие авторы, отбросив субстанции и скрытые свойства, стараются подчинить явления природы законам математики.

В этом отношении имеется в виду тщательное развитие приложений математики к физике¹.

¹ При современной терминологии заглавие сочинения Ньютона: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* наиболее точно передает

Древние рассматривали механику двояко: как *рациональную* (умозрительную), развиваемую точными доказательствами, и как *практическую*. К практической механике относятся все ремесла и производства, именуемые *механическими*, от которых получила свое название и самая *механика*.

Так как в работе ремесленники довольствуются лишь малой степенью точности, то образовалось мнение, что механика тем и отличается от геометрии, что все вполне точное принадлежит к геометрии, менее точное относится к механике. Но погрешности заключаются не в самом ремесле или искусстве, а принадлежат исполнителю работы: кто работает с меньшей точностью, тот худший механик, и если бы кто-нибудь смог исполнять работу с совершеннейшей точностью, тот и был бы наилучшим из всех механиков.

Однако самое проведение прямых линий и кру-




Рис. 61. Один из фронтисписов к третьему английскому изданию „Начал“

гов, служащее *основанием геометрии*, в сущности относится к механике. Геометрия не учит тому, как проводит эти линии, но предполагает (постулирует) выполнимость этих построений. Предполагается также, что приступающий к изучению геометрии уже ранее научился точно чертить круги и прямые линии; в геометрии

словами «Математические основания физики». Термин «Натуральная или естественная философия» (Natural Philosophy) удержался и до сих пор в английской литературе; так, например, озаглавлено знаменитое сочинение В. Томсона и Гета. Приж. А. Н. Крылова.

Показывается лишь, каким образом при помощи проведения этих линий решаются разные вопросы и задачи. Само по себе черчение прямой и круга составляют также задачу, но только не геометрическую. Решение этой задачи заимствуется из механики. Геометрия учит лишь пользованию этими решениями. Геометрия за то и прославляется, что, заимствовав извне столь мало основных положений, она столь многого достигает.

Итак, геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть *общей механики*, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения. Но так как в ремеслах и производствах приходится по большей части иметь дело с движением тел, то обыкновенно все касающееся лишь величины относится к геометрии, все же касающееся движения — к механике.

Рис. 62. Один из Фронтиспоров к трактату англичанина «Начала»

В этом смысле рациональная механика есть учение о движениях, производимых какими бы то ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное.

Древними эта часть механики была разработана лишь в виде учения о пяти машинах¹, применяемых в ремеслах, при этом даже тяжесть (так как это не есть усилие, производимое руками) рассматривалась ими не как сила, а лишь как грузы,

¹ Слова: «Pars haec mechanicas a veteribus in potentiis quinque ad artes manuales spectantibus exculta fuit, qui gravitatem (cum potentia manuales non sit) vix aliter quam in ponderibus per potentiis illas movendis considerarunt» — представляют для перевода ту трудность.

движимые сказанными машинами. Мы же, рассуждая не о ремеслах, а об учении о природе и, следовательно, не об усилиях, производимых руками, а о силах природы, будем главным образом заниматься тем, что относится к тяжести, легкости, силе, упругости, сопротивлению жидкостей и к тому подобным притягательным или напорающим силам. Поэтому и сочинение это нами предлагается как математические основания физики. Вся трудность физики, как будет видно, и состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам изъяснить остальные явления. Для этой цели предназначены общие предложения, изложенные в книгах первой и второй. В третьей же книге мы даем пример вышеупомянутого приложения, объясняя систему мира, ибо здесь из небесных явлений при помощи предложений, доказанных в предыдущих книгах, математически выводятся силы тяготения тел к солнцу и отдельным планетам. Затем по этим силам, также при помощи математических предложений, выводятся движения планет, комет, луны и моря. Было бы желательно вывести из начал меха-

что здесь слово «*potentia*» употреблено в двух разных смыслах, из которых один уже более не употребляется. Сохранившийся смысл слова «*potentia*» есть сила, мощьность, и лишь этот смысл и сохранен за этим словом в переводе Вольфорта, где поставлено слово «*Krafft*», или маркизы дю Шателе, где поставлено слово «*puissance*», и фраза Ньютона становится совершенно непонятной. Между тем во времена Ньютона слово «*potentia*» употреблялось и как равносильное слову «*machina*» — машина. Так, например, в «*Механике*» Валлиса, изданной в 1671 г. (*Opera omnia*, т. I, стр. 969), говорится: «*in axe cum peritrochio et cognatis potentiis quibus eadem est ratio...*» В заголовке же: «*de axe in peritrochio et machinis cognatis*», или далее: «*Solent autem plerique omnes mechanicorum scriptores «potentiam» hanc ad Vectem reducere*». В текст самых *Principia* в следствии второго закона Ньютон употребляет слова «*potentiis mechanicis*» как равносильное «*machinis mechanicis*», чтобы избежать частого повторения слова «*machina*».

Основные машины, рассматривавшиеся древними авторами, суть: *vectis* — рычаг, *axis in peritrochio* — ворот, *trochlea seu polispastus* — блок, *cochlea* — винт, *cuneus* — клин. Эти-то пять машин и подразумевал Ньютон, говоря о «*potentiis quinque*».

В английском переводе Мотта слово «*potentia*» везде переведено словом «*power*», причем это английское слово имело тоже двойственное значение, как то видно, например, по следующей выписке из тл. III. *Maclaurin, An Account on Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries*: «*It is distinguished by Sir I. Newton into practical and rational mechanics; the former treats of the mechanical powers viz: the lever, the axis and wheel, the pulley, the wedge and the screw to which the inclined plan is to be added and of their various combinations together. Rational Mecanics comprehends the whole theory of motion and shews when the powers or forces are given how to determine the motion that are produced by them...* «*intracing the powers that operate in nature from the phenomena from the powers or causes that produce them*» *weproceed by synthesis*». Прим. А. Н. Крылова.

ники и остальные явления природы, рассуждая подобным же образом, ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обуславливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел вследствие причин, покуда неизвестных, или стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются и удаляются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки философов объяснить явления природы и оставались бесплодными. Я надеюсь, однако, что или этому способу рассуждения или другому, более правильному, изложенные здесь основания доставят некоторое освещение.

При издании этого сочинения оказал содействие остроумнейший и во всех областях науки ученейший муж *Эдмунд Галлей*, который не только правил типографские корректуры и озабочился изготовлением рисунков, но даже по его лишь настояниям я приступил и к самому изданию. Получив от меня доказательства вида орбит небесных тел, он непрестанно настаивал, чтобы я сообщил их Королевскому обществу, которое затем своим благосклонным вниманием и заботливостью заставило меня подумать о выпуске их в свет. После того я занялся исследованием неравенства движения луны, затем я попробовал сделать другие приложения, относящиеся к законам и измерению сил тяготения и других, к исследованию вида путей, описываемых телами под действием притяжения, следующего какому-либо закону, к движению многих тел друг относительно друга, к движению тел в сопротивляющейся среде, к силам, плотностям и движениям среды, к исследованию орбит комет и к тому подобным вопросам; вследствие этого я отложил издание до другого времени, чтобы все это обработать и выдать в свет совместно.

Все относящееся к движению луны (как не совершенное) сведено в следствиях предложения 66-го, чтобы не прибегать к отдельным доказательствам и к сложным методам, не соответствующим важности предмета, а также, чтобы не прерывать последовательности прочих предложений. Кое-что найденное мною впоследствии я предпочел вставить, может быть и в менее подходящих местах, нежели изменять нумерацию предложений и ссылок. Я усерднейше прошу о том, чтобы все здесь изложенное читалось с благосклонностью и чтобы недостатки в столь трудном предмете не осуждались, а пополнялись новыми трудами и исследованиями читателей.

Ис. Ньютон

Дано в Кембридже
в Коллегии св. Троицы

8 мая 1686 г.

Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее.

Воздуха двойной плотности в двойном объеме вчетверо больше, в тройном вшестеро. То же относится к снегу или порошкам, когда они уплотняются от сжатия или таяния. Это же относится и ко всякого рода телам, которые в силу каких бы то ни было причин уплотняются. Однако при этом я не принимаю в расчет той среды, если таковая существует, которая свободно проникает в промежутки между частицами. Это же количество я подразумеваю в дальнейшем под названиями тело или масса. Определяется масса по весу тела, ибо она пропорциональна весу, что мною найдено опытами над маятниками, произведенными точнейшим образом, как о том сказано ниже¹.

¹ Ни одно определение Ньютона не вызвало столько критических замечаний и столько толкований, как это первое, высказанное такими словами: «*quantitas materiae est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudo conjunctim*». В пояснении к этому определению указывается, что слова «*quantitas materiae*» — «количество материи» — равносильным словом: «*corpus*» — «тело» или «*massa*». Таким образом, в этом определении слова «количество материи» составляют как бы одно слово, один новый термин, который при дальнейшем развитии науки не удержался и в современной терминологии заменен равносильным ему термином «масса». Словом «количество материи» теперь придается несколько иной смысл, нежели им придавал Ньютон в своем определении. То, что теперь называется под словами «количество материи», он просто выражает словом «материя», заменяя его местоимением *eiusdem* — таковой. Поэтому он и в пояснении не говорит «количество воздуха двойной плотности в двойном объеме вчетверо больше», а просто «воздуха».

Необходимо также иметь в виду, что в то время, при установлении меры для какой-либо величины, устанавливалась лишь ее пропорциональность другим величинам, от коих эта мера зависит. Тогда не говорили, как теперь (когда делается определенное предположение о принятой единице меры): «площадь прямоугольника равняется произведению из его основания на высоту», а говорили (предполагая единицу меры произвольной): «площадь прямоугольника, пропорциональная его основанию и высоте».

До Ньютона понятие о массе не вводилось и рассматривалась лишь вес — *pondus* тела, и при старинной терминологии понятие, что плотность не определялась как масса единицы объема вещества, а говорилось, что плотность тела прямо пропорциональна его весу и обратно пропорциональна его объему. Имея это в виду, можно ньютоново определение, придерживаясь старинной терминологии, выразить так: «Масса есть мера количества вещества, пропорциональная его плотности и объему». Самым существенным в ньютоновом пояснении вводимого им термина и понятия масса есть установление опытным путем пропорциональности между массой тела и его весом. Прим. А. Н. Крылова.

Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе.

Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его, значит для массы вдвое большей при равных скоростях оно двойное, при двойной же скорости чет-верное¹.

¹ Второе определение выражено следующими словами: «*quantitas motus est mensura ejusdem orta ex velocitate et quantitate materiae conjunctim*», т. е. оно выражено совершенно подобно первому, и им вводится новый термин «количество движения», сохранившийся и доселе. Слова «*orta conjunctim*» указывают на совместную пропорциональность той величины, которая названа «количеством движения» и которая могла бы быть названа и каким-либо одним словом, как, например, у англичан, словом «*momentum*», массе и скорости, почему, придерживаясь современной терминологии, они и переведены словами: «устанавливаемая пропорционально».

Необходимо иметь в виду, что, высказывая это определение, Ньютон придает слову «*motus*» — движение — не смысл названия общеизвестного явления, а вводит некоторую новую величину, имеющую при рассмотрении этого явления первенствующее значение. Это особенно ясно выступает в первых словах пояснения: «*motus totius est summa motuum in partibus singulis*», т. е., переводя буквально, «движение целого есть сумма движений в отдельных частях». Из этих слов ясно, что под словом «*motus*» он разумеет нечто измеримое, как бы заключающееся или содержащееся в движущемся теле. Вот почему эти слова и переведены так: «Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его», так как теперь слову «движение» иного смысла, как название самого явления, не дается. До Ньютона, например, Валлис в своей «*Mechanica sive de motu*» рассматривал величину, называемую им «*momentum*» или «*impedimentum*», мера которой пропорциональна весу и скорости движущегося тела; он принимает вместе с тем эту величину за меру «силы движущегося тела», ибо этой-то величине пропорциональна способность одного тела передавать движение другим телам. Термин «*momentum*» удержался в английской литературе и по настоящее время, но только ему дается не валлисов, а ньютонский смысл.

Механика Валлиса издана с 1669 по 1671 г., и достаточно ее просмотреть, чтобы составить себе понятие о том, что для этой науки сделано Ньютоном.

Механика Валлиса занимает в первом томе полного собрания его сочинений стр. 573 — 1063 мелкой убористой печати опромной книги формата в лист (*in folio*). Сперва дается множество определений, затем поясняются кинематические понятия о пройденном пути, скорости и соотношении между ними, выраженном, по обычаю того времени, пропорциями во множестве отдельных предложений. Затем идет ряд предложений о соотношениях между весом тела и скоростью, сообщаемой ему к концу одинаковых или различных промежутков времени силою, составляющей некоторую определенную долю веса, помещая тело на наклонную плоскость. Затем излагается учение о равновесии весов.

Большая часть книги, именно стр. 645—941, занята изложением способов вычисления положения центра тяжести разного рода площадей и объемов, составляя, таким образом, продолжение и применение к ряду примеров методов, изложенных Валлисом в его «*Arithmetica Infinitorum*».

Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно предоставлено самому себе, удерживает¹ свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Эта сила всегда пропорциональна массе и если отличается от инерции массы¹, то разве только воззрением на нее.

От инерции материи происходит, что всякое тело лишь с трудом выводится из своего покоя или движения. Поэтому «врожденная сила» могла бы быть весьма вразумительно названа «силою инерции». Эта сила проявляется телом единственно лишь, когда другая сила, к нему приложенная, производит

являющейся как бы предверием к интегральному исчислению. Страницы 941—992 заняты учением о равновесии простейших машин. Страницы 992—1002 уделены учению о движении тела под действием своего веса или его доля при движении по наклонной плоскости, причем понятие о массе не вводится и движущая сила сравнивается всегда с весом заданного тела. Остальные 60 страниц содержат учение об ударе тел, и здесь, в предложении I, слово «momentum» поясняется словами: «quod ex pondere et celeritate componitur», т. е. «которое составляется из веса и скорости», и доказывается закон сохранения этого «momentum» при ударе тел. Сочинение заканчивается изложением простейших начал гидростатики. Отсюда видно, что если в «Механике» Валлиса и можно найти основные понятия кинематики, систематическое и по тогдашнему времени практически достаточное изложение статики, то относительно динамики можно сказать, что даже не поставлен общий ее вопрос. Может быть, это и составляет причину, почему Ньютон не дает определенных ни одного из кинематических понятий — он предполагает их известными, всю статику он излагает мимоходом, как следствие второго закона движения (параллелограмм сил), и все его сочинение посвящено изложению динамики от основных ее начал, им данных, до рассмотрения теории планетных возмущений, неравенств в движении Луны и предварения равнодействий. Прим. А. Н. Крылова.

Как в этом определении, так и при формулировке первого закона движения Ньютон пользуется глаголом «perseverare», включающим в себя не только понятие о сохранении чего-либо, но еще и понятия о длительности и упорстве такого сохранения; поэтому слова «perseverare in statu quo» наиболее точно передаются словами: «продолжает упорно пребывать в своем состоянии»; слова «удерживает свое состояние» передают короче те же понятия, хотя и с меньшей силой выражения. Вообще латынь Ньютона отличается силой выражений; так, тут сказано perseverare — упорно пребывать, а не manere — пребывать или оставаться; когда говорится, что какое-либо тело действием силы отклоняется от прямолинейного пути, то употребляется не просто слово deviatum — отклоняется, а retrahitur — оттягивается; про силу не говорится просто, что она прикладывается adhaeretur к телу, — а imprimitur, т. е. «вдавливается» или «втискивается» в тело, и т. п. В переводе принята менее выразительная, но общеупотребительная теперь терминология. Прим. А. Н. Крылова.

² В этом пояснении чуть ли не единственный раз во всей первой книге Principia употреблено слово «massa», именно «inertia massae». Вообще же Ньютон пользуется словом «corpus» — тело и несколько реже словами «quantitas materiae». Прим. А. Н. Крылова.

изменение в его состоянии. Проявление этой силы может быть рассматриваемо двояко: и как сопротивление, и как напор. Как сопротивление, поскольку тело противится действующей на него силе, стремясь сохранить свое состояние; как напор, поскольку то же тело, с трудом уступая силе сопротивляющегося ему препятствия, стремится изменить состояние этого препятствия. Сопротивление приписывается обыкновенно телам покоящимся, напор — телам движущимся. Но движение и покой при обычном их рассмотрении различаются лишь в отношении одно к другому, ибо не всегда находится в покое то, что таковым простому взгляду представляется.

Определение IV

Приложенная сила есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Сила проявляется единственно только в действии и по прекращении действия в теле не остается. Тело продолжает затем удерживать свое новое состояние вследствие одной только (силы) инерции. Происхождение приложенной силы может быть различное от удара, от давления, от центростремительной силы.

Определение V

Центростремительная сила есть та, с которой тела к некоторой точке как к центру отовсюду притягиваются, гонятся или как бы то ни было стремятся.

Такова сила тяжести, под действием которой тела стремятся к центру земли; магнитная сила, которою железо притягивается к магниту, и та сила, каковою бы она ни была, которою планеты постоянно отклоняются от прямолинейного движения и вынуждаются обращаться по кривым линиям. Камень, вращаемый в праще, стремится удалиться от вращающейся пращи руки и этим своим стремлением натягивает пращу тем сильнее, чем быстрее вращение, и как только ее пустят, то камень улетает.

Силу, противоположную оказанному стремлению, которою праща постоянно оттягивает камень к руке и удерживает его на круге, т. е. силу, направленную к руке или к центру описываемого круга, я и называю центростремительной. Это относится и до всякого тела, движущегося по кругу. Все такие тела стремятся удалиться от центра орбиты и если бы не было некоторой силы, противоположной этому стремлению, которая их удерживает на их орбитах, то они и ушли бы по прямым линиям, двигаясь равномерно. Эту-то силу я и называю центро-

стремительной. Брошенное тело, если бы силы тяжести не было, не отклонялось бы к земле, а уходило бы в небесное пространство по прямой линии и равномерного, если бы не было и сопротивления воздуха. Своей тяжестью оно оттягивается от прямолинейного пути и постоянно отклоняется к земле в большей или меньшей степени, соответственно напряжению силы тяжести и скорости движения. Чем меньше будет отнесенное к массе напряжение тяжести и чем больше будет скорость, с которой тело брошено, тем менее оно отклонится от прямой линии и тем дальше отлетит.

Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетит по кривой ранее, чем упасть на землю на две мили, то, предполагая, что сопротивления воздуха нет, если его бросить с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше, если с десятикратной, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно по желанию увеличить и дальность полета и уменьшать кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии и десяти градусов, и тридцати, и девяноста, можно бы заставить его окружить всю землю или даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности. Подобно тому как брошенное тело может быть отклонено силою тяжести так, чтобы описывать орбиту вокруг земли, так и луна или силою тяжести, если она ей подвержена, или же иною силою, которая влечет ее к земле, может быть отклоняема от прямолинейного пути и вынуждена обращаться по своей орбите; без такой силы луна не могла бы удерживаться на своей орбите. Если бы эта сила была меньше надлежащей, то она отклоняла бы луну от прямолинейного пути недостаточно, а если больше надлежащей, то отклонила бы ее более чем следует и приблизила бы ее от орбиты к земле. Следовательно, надо, чтобы эта сила была в точности надлежащей величины. Дело математиков найти такую силу, которая в точности удерживала бы заданное тело в движении по заданной орбите с данной скоростью; и, наоборот, найти тот криволинейный путь, на который заданной силой будет отклонено тело, вышедшее из заданного места с заданной скоростью.

В центростремительной силе различается три рода величин: абсолютная, ускорительная и движущая.

Определение VI

Абсолютная величина центростремительной силы есть мера большей или меньшей мощности самого источника ее распространения из центра в окружающее его пространство.

Так магнитная сила, в зависимости от величины магнита или степени намагничивания, может быть в одном магните больше, в другом — меньше.

Определение VII

Ускорительная¹ величина центростремительной силы есть ее мера, пропорциональная той скорости, которую она производит в течение данного времени.

Так действие того же магнита более сильно на близком расстоянии, слабее на дальнем, иная сила тяжести больше в долинах, слабее на вершинах высоких гор и еще меньше (как впоследствии будет показано) на еще больших расстояниях от земного шара, в равных же расстояниях она везде одна и та же, ибо, при отсутствии сопротивления воздуха, все падающие тела (большие или малые, тяжелые или легкие), ускоряются ею одинаково.

Определение VIII

Движущая величина центростремительной силы есть ее мера, пропорциональная количеству движения, которое ею производится в течение данного времени.

Таким образом вес большей массы больше, меньшей — меньше; для той же самой массы или для того же самого тела вес больше вблизи земли, меньше в небесной дали. Эта величина есть направленное к центру стремление всего тела, которое и называется его весом. Движущая сила распознается по силе ей равной и противоположной, которая могла бы воспрепятствовать опусканию тела.

¹ Вся первая книга «Начал» занята почти исключительно учением о центростремительных силах и их действиях. При этом всегда Ньютон рассматривает лишь «ускорительную силу» в данном месте. При теперешней терминологии можно сказать, что в первой книге им исследуются «силы поля», и то, что он называет «ускорительная сила», теперь называется «напряжение поля» в данном месте. Замечательно, что Ньютон, вводя понятие «ускорительная сила», не пользуется понятием об ускорении, а заменяет его скоростью, производимой в продолжение заданного времени. Вообще понятие ускорение, как оно разумеется теперь в «Началах», не применяется, и под словом «acceleratio» — ускорение всегда разумеется приращение скорости в течение заданного конечного или бесконечно малого промежутка времени. Прим. А. Н. Крылова.

² Давая определение понятия «движущая сила», т. е. того, что теперь зовут просто «сила», Ньютон обращает внимание на способ ее измерения и именно способ статический, уравновешивая другой силой, препятствующей движению к центру. В этих немногих словах и установлена связь между статикой и динамикой при посредстве второго закона — сила, статически вдвое большая, сообщает и вдвое большее количество движения в заданное время. Замечательно также, что нигде Ньютон не говорит,

Для краткости эти величины сил можно называть силами движущими, ускоряющими и абсолютными, и для отличия относить их к самим притягиваемым к центру телам, к месту тел, и к центру сил, а именно: движущую силу к телу как стремление всего тела к центру, причем это полное стремление составляет из стремлений отдельных частиц тела, силу ускорительную к месту тела в пространстве, как некоторую способность, распространенную центром на все места окружающего пространства и заставляющую придать в движение тела, в этих местах находящиеся, абсолютную же силу к самому центру, как заключающуюся в нем причину, без которой движущие силы не распространялись бы в окружающем пространстве; сказанной причиной может служить или какое-либо центральное тело (как, например, магнит в центре сил магнитных, или земля в центре сил тяжести), или чтобы то ни было иное, хотя бы и ничем не обнаруживаемое. Эти понятия должно рассматривать как математические, ибо я еще не обсуждаю физических причин и места нахождения сил.

Таким образом, ускорительная сила так относится к движущей, как скорость к количеству движения. В самом деле, количество движения пропорционально скорости и массе; движущая же сила пропорциональна ускорительной и массе, ибо сумма¹ действий ускорительной силы на отдельные частицы тела и составляет движущую силу его. Поэтому близ поверхности земли, где ускоряющая сила тяжести для всех тел одна и та же, движущая сила тяжести, или вес пропорционален массе тела. Если подняться в такие области, где ускоряющая² сила тяжести будет меньше, то и вес пропорционально уменьшится, вообще вес будет постоянно пропорционален массе тела и ускоряющей

чтобы сила измерялась произведением, из массы на ускорение, но, что движущая сила пропорциональна произведению из ускоряющей и массы, и ускоряющая сила не есть понятие равнозначащее ускорению, а, как уже сказано, напряжению поля в данном месте, т. е. это есть сила, действующая на массу, равную единице. Что Ньютон, если и не применял, то ясно представлял измерение силы при помощи растяжения пружины или нити, вообще динамометра, можно видеть из его поучения в конце этой главы, где он указывает, как различить абсолютное движение от относительного, и, приводя опыт с шарами, говорит: «По натяжению нити (соединяющей шары), можно будет узнать их стремление удалиться от оси вращения и по нему вычислить количество движения», т. е. он здесь имеет в виду именно такое «статическое» измерение силы и по нему находит ее действие. Прим. А. Н. Крылова.

¹ Отсюда следует, что масса всего тела считается равной сумме масс частиц его. Прим. А. Н. Крылова.

² Ньютон употребляет термины «gravitas acceleratrix» и «gravitas motrix», т. е. ускоряющая тяжесть и движущая тяжесть; современные термины: «напряжение силы тяжести» и «сила тяжести, или вес». Прим. А. Н. Крылова.

силе тяжести. Так, например, в тех областях пространства, где ускоряющая сила тяжести вдвое меньше, вес массы, вдвое или втрое меньшей, будет вчетверо или вшестеро меньше, нежели близ поверхности земли¹. Далее я придаю тот же самый смысл названиям — ускорительные и движущие притяжения и т.п. тиски². Название же притяжение (центром), натиск или стремление (к центру), я употребляю безразлично одно вместо другого, рассматривая эти силы не физически, а математически; поэтому читатель должен озаботиться, чтобы ввиду таких названий не думать, что я ими хочу определить самый характер действия или физические причины происхождения этих сил, или же приписывать центрам (которые суть математические точки), действительно и физически силы; хотя я и буду говорить в силах центров и о притяжении центрами.

ПОУЧЕНИЕ

В изложенном выше имелось в виду объяснить, в каком смысле употребляются в дальнейшем менее известные названия. Время, пространство, место и движение составляют понятия общеизвестные. Однако необходимо заметить, что эти понятия обыкновенно относятся к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят некоторые неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

I. *Абсолютное, истинное, математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью.

Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год.

II. *Абсолютное пространство* по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

¹ В этих словах и устанавливается различие веса и массы при пропорциональности их между собой. Прим. А. Н. Крылова.

² Точный смысл латинского слова *impulsus* вполне передается словом «натиск», включающим в себя, как понятие о напряженности, так и продолжительность действия. Прим. А. Н. Крылова.

Относительное есть мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел, и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное: так, например, протяжение пространств подземного воздуха или надземного, определяемых по их положению относительно земли. По виду и величине абсолютное и относительное пространства одинаковы, но численно не всегда остаются одинаковыми. Так, например, если рассматривать землю подвижной, то пространство нашего воздуха, которое по отношению к земле остается всегда одним и тем же, будет составлять то одну часть пространства абсолютного, то другую, смотря по тому, куда воздух перешел, и следовательно, абсолютное сказанное пространство беспрерывно меняется.

III. Место есть часть пространства, занимаемая телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным или относительным. Я говорю «часть пространства», а не положение тела и не объемлющая его поверхность. Для равнообъемных тел места равны; поверхности же от несходства формы тел могут быть и неравными. Положение, правильно выражаясь, не имеет величины, и оно само по себе не есть место, а принадлежащее месту свойство. Движение целого то же самое, что совокупность движений частей его, т. е. перемещение целого из его места, то же самое, что совокупность перемещений его частей из их мест; поэтому место целого то же самое, что совокупность мест его частей, и, следовательно, оно целиком внутри всего тела.

IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, относительное — из относительного в относительное же. Так, на корабле, идущем под парусами, относительное место тела есть та часть корабля, в которой тело находится, например, та часть трюма, которая заполнена телом и которая, следовательно, движется вместе с кораблем. Относительный покой есть пребывание тела в той же самой области корабля или в той же самой части его трюма.

Истинный покой есть пребывание тела в той же самой части того неподвижного пространства, в котором движется корабль со всем в нем находящимся. Таким образом, если бы земля на самом деле покоилась, то тело, которое по отношению к кораблю находится в покое, двигалось бы в действительности с тою абсолютной скоростью, с которою корабль идет относительно земли. Если же и сама земля движется, то истинное абсолютное движение тела найдется по истинному движению земли в неподвижном пространстве и по относительным движениям корабля по отношению к земле и тела по кораблю.

Так, если та часть земли, где корабль находится, движется

на самом деле, к востоку со скоростью 10010 частей, корабль же идет к западу со скоростью 10 частей, моряк же ходит по кораблю и идет к востоку со скоростью 1 части, то истинно и абсолютно моряк перемещается в неподвижном пространстве к востоку со скоростью 10001 частей, по отношению же к земле — на запад со скоростью 9 частей.

Абсолютное время различается в астрономии от обыкновенного солнечного времени уравнением времени. Ибо естественные солнечные сутки, принимаемые обыденно за равные для измерения времени, на самом деле между собой неравны. Это неравенство и исправляется астрономами, чтобы при измерениях движений небесных светил применять более правильное время. Возможно, что не существует (в природе) такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенною точностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени изменяться не может. Длительность, или продолжительность существования вещей одна и та же, быстры ли движения (по которым измеряется время), медленны ли, или их совсем нет; поэтому она надлежащим образом и отличается от своей, доступным чувством, меры, будучи из нее выводимой при помощи астрономического уравнения. Необходимость этого уравнения обнаруживается как опытами с часами, снабженными маятниками, так и по затмениям спутников Юпитера.

Как неизменен порядок частей времени, так неизменен и порядок частей пространства. Если бы они переместились из мест своих, то они продвинулись бы (так сказать) в самих себя, ибо время и пространство составляют как бы вместилища самих себя и всего существующего. Во времени все располагается в смысле порядка последовательности, в пространстве в смысле порядка положения. По самой своей сущности они суть места; приписывать же первичным местам движения нелепо. Вот эти-то места и суть места абсолютные, и только перемещения из этих мест составляют абсолютные движения.

Однако совершенно невозможно ни видеть, ни как-нибудь иначе различить при помощи наших чувств отдельные части этого пространства одну от другой, и вместо них приходится обращаться к измерениям, доступным чувствам. По положениям и расстояниям предметов от какого-либо тела, принимаемого за неподвижное, определяем места вообще, затем и о всех движениях судим по отношению к этим местам, рассматривая тела лишь как переносящиеся по ним. Таким образом вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет неудобства, в философских необходимо отвлечение от чувств. Может оказаться, что в дей-

существования не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих.

Абсолютное и относительное движение и абсолютный и относительный покой отличаются друг от друга, свойствами, причинами происхождения и проявлениями.

Свойство покоя состоит в том, что тела, истинно покоящиеся, находятся в покое и друг относительно друга. Возможно, что какое-нибудь тело в области неподвижных звезд, а может быть и много далее, находится в абсолютном покое, но узнать по взаимному положению тел в наших областях, не сохраняет ли какое-нибудь из них постоянного положения относительно этого, весьма отдаленного, нельзя. Невозможно также определить истинного их покоя по относительному их друг к другу положению.

Свойства движения состоит в том, что части, сохраняющие постоянное положение по отношению к целому, участвуют в движении этого целого. Так, все части вращающихся тел стремятся удалиться от оси вращения, для движущихся поступательно полное движение образуется из соединения отдельных частных движений. Следовательно, когда движутся окружающие тела, то движутся и те, которые по отношению к ним находятся в покое, поэтому нельзя определить истинного абсолютного движения по перемещениям от соседних тел, рассматриваемых как неподвижные. Эти тела должны быть действительно в покое, а не только приниматься за покоящиеся. В противном случае все содержащиеся тела участвовали бы в истинных движениях тел, их окружающих, и если бы это последнее движение прекратить, то они оказались бы на самом деле не в покое, а лишь представлялись до тех пор находящимися в таковом. Окружающие тела по отношению к содержащимся стоят в том же отношении, как наружная часть целого к его внутренней части или как скорлупа к ядру. При движении скорлупы движется и ядро, не перемещаясь относительно скорлупы, т. е. движется как часть целого.

В тесной связи с предыдущим свойством находится такое: тело, движущееся в подвижном пространстве, участвует и в движении этого пространства, поэтому тело, движущееся от подвижного места, участвует в движении своего места. Следовательно, все движения, совершающиеся от подвижных мест, суть лишь составные части полных абсолютных движений, и всякое полное движение составляется из движения тела от первого места своего, из движения этого первого от его места и так далее, пока не достигнем до места неподвижного, как это было пояснено примером моряка, пришедшим дыше. Таким образом полные абсолютные движения

могут быть определены не иначе как при помощи мест неподвижных, почему я и относил их выше к местам неподвижным, относительные же движения — к местам подвижным. Места же неподвижны не иначе, как если они из вечности в вечность сохраняют постоянные взаимные положения и, следовательно, остаются всегда неподвижными и образуют то, что я называю неподвижным пространством.

Причины происхождения, которыми различаются истинные и кажущиеся движения, суть те силы, которые надо к телам приложить, чтобы произвести эти движения. Истинное абсолютное движение не может ни произойти, ни измениться иначе как от действия сил, приложенных непосредственно к самому движущемуся телу, тогда как относительное движение тела может быть и произведено из изменено без приложения сил к этому телу; достаточно, чтобы силы были приложены к тем телам, по отношению к которым это движение определяется. Когда эти тела будут уступать действию сил, то будет изменяться и то относительное положение, которым определяется относительный покой или относительное движение. Наоборот, истинное движение всегда изменяется от приложения к телу сил; относительное же движение может при таком приложении сил и не изменяться. Так, например, если и к тем телам, к которым движение заданного тела относится, будут приложены такие силы, что относительное положение всех тел будет сохраняться, то сохранится и относительное движение заданного тела по отношению к прочим¹. Таким образом всякое относительное движение может быть изменяемо такими действиями, при которых абсолютное движение не меняется, и может сохраняться при таких, от которых абсолютное изменяется, так что абсолютное движение совершенно не зависит от тех соотношений, которыми определяется движение относительное.

Проявления, которыми различаются абсолютные и относительные движения, состоят в силах стремления удалиться от оси вращательного движения, ибо в чисто относительном вращательном движении эти силы равны нулю, в истинном же и абсолютном они больше или меньше сообразно количеству движения. Если на длинной нити подвесить сосуд и, вращая его, закрутить нить, пока она не станет совсем жесткой, затем наполнить сосуд водой и, удержав сперва вместе с водой в покое, пустить, то под действием появляющейся силы сосуд начнет вращаться, и это вращение будет поддерживаться достаточно долго раскручиванием нити. Сперва поверх-

¹ Это свойство относительного движения выказано еще вторично яв следствием VI законов движения. Прим. А. Н. Крылова.

ность воды будет оставаться плоской, как было до движения сосуда. Затем сосуд силой, постепенно действующей на воду, заставит и ее участвовать в своем вращении. По мере возрастания вращения вода будет постепенно отступать от середины сосуда и возвышаться по краям его, принимая впалую форму поверхности (я сам это пробовал делать); при усиливающемся движении она все более и более будет подниматься к краям, пока не станет обращаться в одинаковое время с сосудом и придет по отношению к сосуду в относительный покой. Этот подъем воды указывает на стремление ее частиц удалиться от оси вращения, и по этому стремлению обнаруживаются и измеряются истинное и абсолютное вращательное движение воды, которое, как видно, во всем совершенно противоположно относительному движению. Вначале, когда относительное движение воды в сосуде было небольшое, оно совершенно не вызвало стремления удалиться от оси — вода не стремилась к окружности и не повышалась у стенок сосуда, а ее поверхность оставалась плоской, и истинное вращательное ее движение еще не начиналось. Затем, когда относительное движение уменьшилось, повышение ее у стенок сосуда обнаруживало ее стремление удалиться от оси; и это стремление показывало ее постепенно возрастающее истинное вращательное движение, и когда оно стало наибольшим, то вода установилась в покое относительно сосуда. Таким образом это стремление не зависит от движения воды относительно окружающего тела; следовательно, по таким движениям нельзя определить истинного вращательного движения тела. Истинное круговое движение какого-либо тела может быть лишь одно в полном соответствии с силой стремления его от оси, относительных же движений в зависимости от того, к чему они относятся, тело может иметь бесчисленное множество; но независимо от этих отношений эти движения совершенно не сопровождаются истинными проявлениями, если только это тело не обладает кроме этих относительных и оказанным единственным истинным движением. Поэтому в тех системах мира, в которых предполагается, что наши небесные сферы обращаются внутри сферы неподвижных звезд и несут с собою планеты, кажется, что отдельные части этих сфер и планеты, покоящиеся относительно своих сфер, на самом деле движутся, ибо они меняют относительное положение (чего не может быть для тел, покоящихся абсолютно), вместе с тем они участвуют в общем движении несущих их сфер и значит, как части вращающегося целого, стремятся отдалиться от оси.

Таким образом относительные количества не суть те самые количества, к которым имена им обычно придаются, а суть лишь результаты измерений сказанных количеств (истинные или лож-

...), постигаемые чувствами и принимаемые обычно за самые количества. Если значение слов определять по тому смыслу, в каком эти слова обычно употребляются, то под названиями время, пространство, место и движение и следует разуметь эти постижимые чувствами меры их.

Речь стала бы совершенно необычной и чисто математической, если бы под этими названиями разуметь действительно сами измеряемые количества. Поэтому воистину насилуют смысл священного писания те, кто эти слова истолковывает в нем как самые количества. Не менее того засоряют математику и физику и те, кто смешивает самые истинные количества с их отношениями и их обыденными мерами.

Распознавание истинных движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся весьма трудно, ибо части того не подвижного пространства, о котором говорилось и в котором совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими чувствами. Однако это дело не вполне безнадежное. Основания для суждений можно заимствовать частью из кажущихся движений, представляющих разности истинных, частью из сил, представляющих причины и проявления истинных движений. Так, если два шара, соединенные нитью на данном друг от друга расстоянии, будут обращаться около общего их центра тяжести, то по натяжению нити можно будет узнать стремление шаров к удалению от оси вращения и по нему вычислить угловую его скорость. Если затем на противоположные стороны шаров заставить действовать разные силы так, чтобы они не увеличивали или уменьшали круговращательное движение, то по увеличившемуся или по уменьшившемуся натяжению нити может быть обнаружено увеличение или уменьшение скорости движения, и таким образом можно будет найти те стороны шаров, к которым надо приложить силы, чтобы увеличение скорости движения стало наибольшим, и, значит, найти те стороны шаров, которые обращены по направлению движения или по направлению ему обратному. Когда эти передние и задние стороны будут найдены, то и движение будет вполне определено.

Таким способом могло бы быть определено количество и направление кругового движения внутри опропного пустого пространства, где не существовало бы никаких внешних доступных чувствам признаков, к которым можно было бы относить положение шаров. Если бы в этом пространстве кроме того находились бы еще некоторые весьма удаленные тела, сохраняющие относительно друг к другу положения, подобно тому как наши неподвижные звезды, то по перемещению шаров относительно этих тел мы не могли определить, чему принадлежит это перемещение, телам или шарам. Но если бы мы, определив натя-

Жемне нити, нашли, что это натяжение как раз соответствует движению шаров, то мы заключили бы, что движение принадлежит шарам, а не внешним телам, и что эти тела находятся в покое. Таким образом по видимому перемещению шаров относительно внешних тел мы вывели бы их движение. Нахождение же истинных движений тел по причинам их производящим, по их проявлениям, и по разностям кажущихся движений, и, наоборот, нахождение по истинным или кажущимся движениям их причин или проявлений излагается подробно в последующем. Именно с этой-то целью и составлено предлагаемое сочинение.

АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

Закон I

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние¹.

¹ Ввиду важности основных законов движения приводим и подлинную их формулировку.

Закон I выказан так: «Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare».

Закон II. «Mutationem motus proportionalem esse vi motrice impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur».

Закон III. «Actioni contrariam semper et equalem esse reactionem; sivi corporum duorum actiones in se mutuo semper esse equales et in partes contrarias dirigi».

Первый закон представляет для точного перевода некоторые затруднения именно по отношению к словам «perseverare» и «nisi quatenus». Слово «perseverare», как уже упомянуто в прим. I, стр. 428, включает в себя понятие о стойкости или упорстве в сохранении чего-либо. Но, кроме того, оно может включать и понятие о длительности сохранения или пребывания, в этом смысле оно или, точнее говоря, соответствующее ему существительное «perseverantia» употреблено Ньютоном в пояснении понятия об абсолютном времени; где сказано прямо: *duratio seu perseverantia existentiae*, т. е. длительность, или продолжительность, существования. Сообразно тому, какой смысл придать слову «perseverare», надо придавать и смысл словам «nisi quatenus», т. е. ограничения в смысле времени или в смысле количества, и тогда их надо переводить или словами: «до тех пор пока» или просто «пока» в первом случае и словами: «кроме того, поскольку» или просто «поскольку не» во втором. Таким образом в первом толковании первый закон можно перевести так: «Всякое тело продолжает пребывать в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока приложенные силы не понудят его изменить это состояние». Во втором толковании этот закон можно перевести так: «Всякое тело удерживает свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, поскольку оно не

Брошенное тело продолжает удерживать свое движение, поскольку его не замедляет сопротивление воздуха и поскольку сила тяжести не побуждает это тело вниз. Волчок, коего части вследствие взаимного сцепления отвлекают друг друга от прямолинейного движения, не перестает вращаться (равномерно), поскольку это вращение не замедляется сопротивлением воздуха. Большие же массы планет и комет сохраняют свои движения, как поступательные, так и вращательные, совершающиеся в пространствах, менее сопротивляющихся, дольше.

Закон II

Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Если какая-нибудь сила производит некоторое количество движения, то двойная сила произведет двойное, тройная — тройное, будут ли они приложены разом все вместе или же последовательно и постепенно. Это количество движения, которое

понуждается приложенными силами изменять это состояние».

В первом толковании будет отгнено, что одного только времени недостаточно для изменения состояния покоя или равномерного и прямолинейного движения тела; необходимо еще действие силы. Во втором, — что тело лишь постольку удерживает свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, поскольку внешние силы ему в том не препятствуют. В пояснении в первых двух примерах как бы оттеняется второе толкование, причем в первом повторено выражение «perseverant nisi quatenus», в третьем же сказано просто «сохраняют» — conservant, и подчеркнута именно длительность этого сохранения.

Таким образом латинский текст включает в себя одновременно оба толкования или оба понятия, и словом «perseverate» Ньютон использовал всю силу латинского языка. Сочетать совершенно точно в русском переводе оба толкования я не сумел, и в той формулировке, которая дана в тексте, второе толкование как бы несколько пересиливает.

Как при формулировке, так и при пояснении второго закона подразумевается, что продолжительность действия силы — или постоянная или одна и та же для сравниваемых сил. В непосредственной связи со вторым законом находится лемма X, в которой показывается, что в пределе для бесконечно малых промежутков времени изменения скорости тела, значит, и количества движения, производимые силой, пропорциональны времени; пройденное же телом по направлению силы пространство пропорционально квадрату времени. Эта лемма в связи со вторым законом и с понятием об «ускорении» в его теперешнем смысле и устанавливает пропорциональность силы ускорению.

В поучении в конце отдела о законах движения Ньютон особенно подробно останавливается на третьем законе, показывая, как подтверждения его опытами, так и важные его применения во всех случаях, где дело идет не об одном, а о нескольких телах, действующих друг на друга. *Прим.*

А. Н. Крылова.

всегда происходит по тому же направлению, как и производящая его сила, если тело уже находилось в движении при совпадении направлений, прилагается к количеству движения тела, бывшему ранее, при противоположности вычитается, при наклонности прилагается наклонно и соединяется с бывшим ранее сообразно величине и направлению каждого из них.

Закон III

Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.

Если что-либо давит на что-нибудь другое или тянет его, то оно само этим последним давится или тянется. Если кто нажимает пальцем на камень, то и палец его также нажимается камнем. Если лошадь тащит камень, привязанный к канату, то и обратно (если можно так выразиться) она с равным усилием оттягивается к камню, ибо натянутый канат своей упругостью производит одинаковое усилие на лошадь в сторону камня и на камень в сторону лошади, и насколько этот канат препятствует движению лошади вперед, настолько же он побуждает движение вперед камня. Если какое-нибудь тело, ударившись в другое тело, изменяет своей силой его количество движения на сколько-нибудь, то оно претерпит от силы второго тела в своем собственном количестве движения то же самое изменение, но обратно направленное, ибо давления этих тел друг на друга постоянно равны. От таких взаимодействий всегда происходят равные изменения не скоростей, а количеств движения, предполагая, конечно, что тела никаким другим усилиям не подвергаются. Изменения скоростей, происходящие также в противоположные стороны, будут обратно пропорциональны массам тел, ибо количества движения получают равные изменения. Этот закон имеет место и для притяжений, как это будет доказано в тоучении.

Следствие I

При силах совокупных тело описывает диагональ параллелограмма, в то же самое время как его стороны при отдельных¹.

¹ Формулировка этого следствия представляется при теперешнем изложении необычной и доказательство — как бы ей не соответствующим, ибо в нем предполагается, что когда тело описывает стороны или диагональ параллелограмма, то оно движется равномерно, т. е. силы на него не действуют, а теорема высказана так, что можно думать, что стороны и диагональ параллелограмма описываются при продолжающемся действии сил в другом сил каких угодно, постоянных или переменных, и в продолжение

Если бы тело при действии в месте A (рис. 63) одной только силы M перенеслось в продолжение заданного промежутка времени равномерным движением из A в B , и если бы при действии в том же месте одной только силы N оно перенеслось из A в C , то при действии обеих сил оно перенесется в то же самое время из A в D по диагонали параллелограмма $ABCD$.

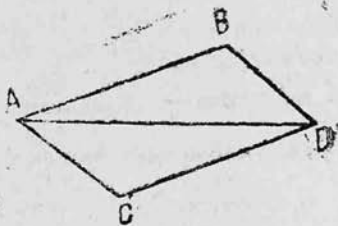


Рис. 63

Так как сила N действует по направлению прямой AC , параллельной BD , то по второму закону эта сила несколько не изменит той скорости приближения к прямой BD , которая была

какого угодно, лишь бы во всех случаях, того же самого промежутка времени. Но необходимо иметь в виду второй закон, по которому скорости, сообщаемые разными силами тому же телу, пропорциональны этим силам и так же направлены. В то же время, когда были изданы «Начала», представления скорости в виде отрезка прямой не было, почему вместо этого представления Ньютон и берет те пути, которые тело могло бы описать в течение некоторого, произвольно заданного промежутка времени, и вот об этом-то времени после прекращения действия силы и идет речь в теореме. Таким образом эта теорема при теперешней терминологии составляет не что иное, как сложение количества движения по правилу параллелограмма. Первые слова доказательства также весьма кратки; если развить подробно их смысл, то можно бы передать его так: «сила M , действуя одна, могла бы сообщить телу в продолжение некоторого промежутка времени t_0 такую скорость, что тело, двигаясь затем из точки A с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AB . Сила N , действуя одна, могла бы сообщить в продолжение того же промежутка t_0 такую скорость, что тело, двигаясь затем с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AC ; тогда если бы на тело действовали одновременно и совместно в течение того же промежутка времени t_0 обе силы M и N , то они сообщили бы телу такую скорость, что тело, двигаясь затем с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AD , представляющий диагональ параллелограмма $ABCD$ ».

Вторая часть доказательства изложена подробно, и ею вполне разъясняется смысл, который надо придавать как теореме, так и не вполне ясно выраженной первой части доказательства. Можно думать, что потому теорема и начало ее доказательства и высказаны так неопределенно, что бы побудить читателя проследить доказательство до конца и самому восполнить краткость формулировки.

Ньютоново доказательство отнюдь не предполагает, что тело до действия сил находилось в покое; в нем также не оговорено, в продолжение какого промежутка времени M и N сообщали телу скорости. Этот промежуток времени может быть бесконечно мал, все равно сообщенные скорости будут пропорциональны силам, а это значит, что силы M и N могут быть не только постоянные, но и переменные; в этом последнем случае надо предполагать сказанный промежуток бесконечно малым и переходить к пределу. Здесь Ньютон на этом не останавливается, но дальше в лемме X и в предложении I он на это обращает внимание. Прим. А. Н. Крылова.

произведена первой силой. Следовательно, тело в продолжение данного времени достигнет до линии BD , была ли сила N приложена или нет. На основании такого же рассуждения, к концу того же промежутка времени тело должно находиться и где-либо на прямой CD , следовательно, оно должно быть в их пересечении D . Переходит же оно из A в D прямолинейно на основании закона.

Следствие II

Отсюда явствует составление силы, направленной по AD из каких-либо двух наклоненных друг к другу AB и BD , и, наоборот, разложение любой силы, направленной по AD на наклонные AB и BD ; как это сложение, так и разложение беспрестанно подтверждаются в учении о машинах¹.

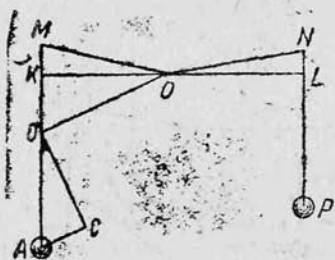


Рис. 64

Так, пусть к точкам M и N (рис. 64) колеса, взятым на радиусах его OM и ON в неодинаковом расстоянии от центра, подвешены на нитях грузы A и P , и требуется определить усилия, с которыми эти грузы стремятся вращать колесо.

Через центр O проводится прямая KOL перпендикулярно к нитям, пересекающая их в K и L ; центром O и большим из расстояний OL проводится круг, пересекающий MA в D , и строятся прямые: DC — перпендикулярно к OD и AC — ей параллельно. Так как ничто не изменится от того, будут ли точки K, L, D нитей прикреплены к плоскости колеса или нет, то действие грузов будет одно и то же, подвесить ли их в точках K и L или в точках D и L . Но если полную величину веса груза A представить линией AD , то этот вес разлагается в силы AC и CD , из коих AC , действующая по направлению радиуса OD прямо от центра, не имеет значения для вращения колеса. вторая же сила, действующая перпендикулярно к радиусу OD , имеет такое же значение, как если бы она действовала перпендикулярно радиусу OL , равному OD , т. е. такое же, как

¹ Так как сообщаемые в продолжение равных промежутков времени количества движения, а для того же самого тела скорости имеют направления действующих сил и пропорциональны им, в предыдущем же следствии показано, что эти количества движения или скорости складываются по правилу параллелограмма, то, как и сказано в этом следствии, «сложение и разложение сил явствует из предыдущего следствия». Заключительные его слова суть: «ex mechanica»; но по дальнейшему изложению и по предисловию автора видно, что под этим словом здесь надо разуметь «учение о машинах», а не «механику» вообще. Прим. А. Н. Крылова.

вес груза P , если его взять таким, чтобы он относился к весу A , как длина DC к DA .

Но, по подобию треугольников DAC и KOD и равенству OD и OL , будет:

$$DC : DA = OK : OL;$$

следовательно, когда веса A и P обратно пропорциональны плечам OK и OL , составляющим продолжение одно другого, то их действия равносильны, и они будут находиться в равновесии,—это и есть известное свойство весов рычага и ворота. Когда который-нибудь из двух грузов будет больше, нежели в этом отношении, то и условие к вращению колеса будет соответственно больше.

Пусть груз ρ , коего вес равен весу груза P , отчасти подвешен на нити ρN (рис. 65), частью же поддерживается наклонной плоскостью G .

Если провести прямые ρN и NH соответственно перпендикулярно горизонтальной плоскости и плоскости G , то, представив через ρN направленную вниз силу¹, равную весу груза ρ , можно ее разложить на силы ρN и HN .

Если плоскость Q , пересекающая данную плоскость G по горизонтальной прямой, будет взята перпендикулярно направлению нити ρN , и груз ρ поддерживался бы лишь этими двумя плоскостями, то он давил бы на эти плоскости с силами ρN и HN , соответственно этим плоскостям перпендикулярными, т. е. на плоскость Q , силой ρN и на плоскость G силой HN . Поэтому, если убрать плоскость Q , чтобы груз натягивал нить, то так как нить, поддерживая груз, теперь заменяет убранный прочь плоскость Q , то она будет натянута с той самою силою ρN , которая раньше давила на плоскость. Следовательно, натяжение

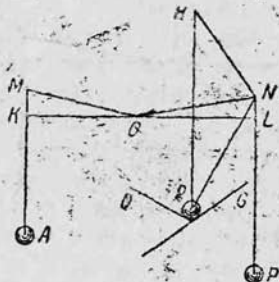


Рис. 65

¹ При сложении и разложении сил по правилу параллелограмма Ньютон обыкновенно строит лишь стороны той ломаной, коей замыкающая и есть равнодействующая предложенных или искомых сил. Кроме того, он часто делает это построение где-нибудь, не заботясь о том, чтобы стороны и диагональ параллелограмма сходились именно в точке приложения этих сил; построение служит ему не для наглядного представления всех трех элементов силы, т. е. точки приложения, величины и направления, а лишь для установления соотношений между величинами составляющих и равнодействующей и направлениями их; наконец, он часто делает построение так, что сила как бы направлена к точке схода сторон и диагонали, а не от нее, как это принято теперь. Поэтому приведенные у него построения представляются теперь несколько необычными, но само собой очевидно, как от них перейти к принятым теперь. *Прим. А. Н. Крылова.*

этой наклонной нити будет так относиться к натяжению той другой отвесной нити NP , как длина ρN к ρH . Поэтому, если отношение веса груза ρ к весу груза A будет равно отношению, составленному из отношения длин ρH и ρN и обратного отношения кратчайших расстояний от центра колеса до нитей подвеса ρN и AM этих грузов, то их действия на колесо будут одинаковы и они будут взаимно уравновешиваться, что всякий может испытать.

Груз ρ , надавливающий на вышеуказанные две наклонные плоскости, находится в условиях, подобных тем как клин, коего грани и были бы эти плоскости; следовательно, можно определить соотношение между силами клина и молота, а именно давление на грань Q так относится к силе, действующей на клин по направлению прямой ρH от веса ли его или от удара молота, как ρN относится к ρH , к давлению же на вторую грань G , как ρN к NH .

Наконец, и сила винта найдется подобным же разложением, ибо он не что иное как клин, вгоняемый рычагом.

Применение этого следствия весьма широкое, и благодаря этому широкому применению справедливость его постоянно обнаруживается, ибо от вышесказанного зависит все учение о машинах, разными авторами излагаемое различным образом. Пользуясь этим же следствием, легко выводятся соотношения между усилиями в машинах, составленных из колес, барабанов, воротов, рычагов, блоков, натянутых канатов и других механизмов¹, и весами грузов, поднимаемых или прямо или наклонно, а также силы связок, приводящих в движение кости животных.

Следствие III

Количество движения, получаемое беря сумму количеств движения, когда они совершаются в одну сторону, и разность, когда они совершаются в стороны противоположные, не изменяется от взаимодействия тел между собой².

¹ Здесь словом «механизмов» переведены слова «potentiis mechanicis», равносильные словам «machinis» и, очевидно, употребленные, чтобы избежать повторения этого последнего (см. примеч. 1, стр. 423 — 424).
Прим. А. Н. Крылова.

² В «Началах» строго проводится, почти исключительно, чисто геометрическое изложение, совершенно избегая алгебры; поэтому закон сохранения количества движения и высказан в такой форме, что слов «алгебраическая сумма» не встречается. Кроме того, как теорема, так и ее доказательство как бы ограничивают этот закон случаем движения двух тел по той же самой прямой. Но сказанное относительно косвенного удара; в особенности же закон сохранения движения центра тяжести, показывают, что Ньютон не ограничивался этим частным случаем, но счел лишь удобным излагать этот вопрос подробнее. Прим. А. Н. Крылова.

Так как по третьему закону действие и противодействие между собой равны и противоположны, то по второму закону они производят равные изменения количества движения, направленные в противоположные стороны. Таким образом, если движения двух тел направлены в одну сторону, то что приложится к количеству движения тела, идущего впереди, то вычтется из количества движения тела, за ним следующего, и сумма количеств движения обоих тел останется прежняя. Если же тела движутся в противоположные стороны, то вычтется поровну из количеств движения каждого из них, и, следовательно, разность количеств движения, направленных в обратные стороны, останется без перемены.

Пусть масса шара A втрое больше массы шара B , и скорость его заключает две части, таких, коих скорость последующего за ним шара B заключает десять, и движение шаров происходит по той же самой прямой. Количества движения A и B будут относиться, как 6 к 10; положим, что эти количества соответственно равны 6 и 10 частям, так что сумма их равна 16. При встрече тел, если тело A приобретает количество движения, равное 3, 4 или 5 частям, то тело B утратит столько же частей, и, следовательно, после отражения тело A пойдет, имея количество движения, равное 9, 10 или 11 частям, тело же B будет иметь или 7, или 6, или 5 частей, так что сумма все время остается равной 16, как и раньше. Если бы тело A приобрело 9, 10, 11 или 12 частей и, следовательно, после встречи шло, имея количество движения, равное 15, 16, 17 или 18, то тело B , потеряв столько же, сколько приобретено телом A , или идет вперед с 1 частью после потери 9, или находится в покое при потере 10 частей, или же идет назад, потеряв не только все свое количество движения, но еще (как сказано выше) и одну часть вдобавок, или же при потере 12 частей идет назад с количеством движения, равным 2. Таким образом суммы количеств движения, направленных в ту же сторону, как $(15 + 1)$ или $(16 + 0)$, и разности, направленных в противоположные, как $(17 - 1)$ или $(18 - 2)$, составляют постоянно 16, как то было до встречи и отражения. Найдя количества движения, которыми обладают тела после отражения, определим и скорости каждого из них, ибо каждая из этих скоростей так относится к скорости, бывшей до удара, как количества движения соответствующего тела после и до удара. Так, например, для последнего случая тела A , коего количество движения до удара было равно 6 и скорость 2, после же отражения количество движения стало 18, то скорость будет 6, как это следует из пропорции $18 : 6 = 6 : 2$.

Когда тела не сферические или же, двигаясь по разным

прямым, соударяются косвенно и требуется найти количества движения их после отражения, то необходимо сперва найти положение плоскости, касающейся обоих тел в точке их встречи, затем количество движения каждого тела разложить на два (по следствию II): одно—перпендикулярно сказанной плоскости, другое ей параллельно. Количества движения, параллельные плоскости, сохраняются без изменения, ибо взаимодействие тел происходит по прямой, перпендикулярной этой плоскости. Количества же движения перпендикулярные получают равные и противоположные изменения, так что сумма этих количеств движения, когда они направлены в одну сторону, и разность, когда они направлены в стороны обратные, остается той же самой, какая была до удара. От отражений подобного рода могут происходить и вращательные движения тел около их собственных центров, но таких случаев, я в дальнейшем не рассматриваю, и было бы весьма долго излагать все сюда относящиеся.

Следствие IV

Центр тяжести системы двух или нескольких тел от взаимодействия тел друг на друга не изменяет ни своего состояния покоя, ни движения; поэтому центр тяжести системы всех действующих друг на друга тел (при отсутствии внешних действий и препятствий) или находится в покое или движется равномерно и прямолинейно.

В самом деле, если две точки перемещаются равномерно по прямым линиям и расстояние между ними разделяется в заданном отношении, то и точка раздела или находится в покое или движется равномерно по прямой. Это будет доказано в лемме XXIII и ее следствии для того случая, когда движение обеих точек происходит в одной плоскости; таким же рассуждением это могло бы быть доказано и для того случая, когда движения совершаются не в одной плоскости. Следовательно, если какие-либо тела движутся равномерно и прямолинейно, то центр тяжести любой пары их или покоится или движется равномерно по прямой, и, кроме того, прямая, соединяющая сказанные прямолинейно перемещающиеся центры тяжести тел, разделяется общим их центром тяжести в постоянном отношении.

Подобным же образом общий центр тяжести этих двух тел и третьего или покоится или движется равномерно по прямой, ибо и им расстояние между общим центром тяжести пары тел и центром тяжести третьего разделяется в постоянном отношении. Точно так же общий центр тяжести этих трех тел и какого-либо четвертого или покоится или движется равномерно по прямой, ибо и им расстояние между центром тяжести си-

стемы трех тел и центром тяжести четвертого разделяется в постоянном отношении, и т. д. до бесконечности.

Следовательно, в системе тел, между которыми нет никаких взаимодействий и которые не подвержены никаким внешним силам, так что каждое из этих тел в отдельности движется равномерно по своему прямолинейному пути, общий центр тяжести или покоится или движется равномерно и прямолинейно.

Далее, так как в системе двух тел, действующих друг на друга, расстояние центра тяжести каждого из них до общего центра тяжести системы обратно пропорционально массам тел, то относительные количества движения, с которыми оба тела или приближаются к этому центру или от него удаляются, между собой равны. Вследствие этого сказанный центр тяжести системы не претерпит от происходящих в противоположных направлениях равных изменений количества движения, вызываемых действием тел друг на друга, ни ускорения, ни замедления в своем движении и не изменит своего состояния покоя или равномерного и прямолинейного движения.

В системе многих тел центр тяжести любой пары их, действующих друг на друга, не претерпевает от этого взаимодействия никакого изменения своего состояния; общий центр тяжести остальных тел, которых это взаимодействие не касается, тем более не изменит своего состояния. Расстояние центра тяжести этих двух тел до общего центра тяжести всех остальных разделяется центром тяжести всей системы на части, обратно пропорциональные суммам масс взятой пары тел и всех прочих, т. е. в постоянном отношении. Отсюда следует, что так как центр тяжести двух взятых тел сохраняет свое состояние, то и общий центр тяжести всей системы его сохраняет, и, следовательно, от действия двух тел друг на друга он не изменяет своего состояния покоя или равномерного прямолинейного движения. Но в системе многих тел все действия между телами состоят или из взаимодействий одного тела на другое, или же они состояются из таких взаимодействий между двумя телами, и, следовательно, они не влияют на изменение состояния покоя или движения центра тяжести этой системы.

Так как центр тяжести системы когда взаимодействий между телами нет, или покоится или движется равномерно и прямолинейно, то на основании сказанного выше, несмотря на взаимодействия тел, он будет продолжать все время или покоиться или двигаться равномерно и прямолинейно, если только он не будет выведен из этого состояния силами, действующими извне.

Следовательно, по отношению к центру тяжести системы нескольких тел имеет место тот же самый закон сохранения

состояния покоя или равномерного и прямолинейного движения, как и для одного тела. Таким образом поступательное количество движения отдельного ли тела или системы тел надо всегда рассчитывать по движению центра тяжести их¹.

Следствие V

Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли это пространство или движется равномерно и прямолинейно без вращения.

Так как разности² движений, направленных в ту же сторону, и суммы направленных в стороны противоположные, одинаковы в обоих случаях (как это следует из условий), все же усилия, с которыми тела действуют друг на друга при столкновениях, зависят лишь от этих разностей или сумм, то по II закону, последствия столкновений будут равны в обоих случаях, и, следовательно, относительные движения останутся в обоих случаях одинаковыми. Это подтверждается обильно опытами. Все движения на корабле совершаются одинаково, находится ли он в покое или движется равномерно и прямолинейно.

¹ Длиннота доказательства закона сохранения движения центра тяжести системы происходит единственно от того, что не применен аналитический способ, но зато при изложенном доказательстве ясно видна связь этого закона с предыдущим.

Формулировка предложения обнимает лишь частный случай общего закона о движении центра тяжести системы тел, но заключительные слова доказательства о расчете количества движения заставляют думать, что Ньютону был известен и этот закон. На это указывают также заключительные слова доказательства пред. LXV, в котором рассматривается движение системы многих малых тел около одного большого центрального и где сказано: «центр тяжести системы будет описывать вокруг большого тела коническое сечение, а радиусом, проводимым к этому наибольшему, будут описываться площади, пропорциональные временам». *Прим. А. Н. Крылова.*

² Выражение: «разности каких-либо величин, когда они направлены в одну сторону, или суммы, когда они направлены в стороны противоположные», встречается в «Началах» несколько раз и по своему смыслу равносильно теперешнему термину «геометрическая разность» каких-либо векторных величин. Когда же говорится: «Сумма каких-либо величин, когда они направлены в ту же сторону, и разности, когда они направлены в стороны противоположные», то это равносильно теперешнему термину «геометрическая сумма», и при пояснении второго закона упомянуто о таком геометрическом сложении количеств движения. В других случаях такого упоминания не делается.

Под словом «движение» здесь подразумеваются перемещения и скорости. Геометрические разности, о которых идет речь в этом предложении, суть геометрические разности перемещений и скоростей всех тел системы и одною из них, относительно которого движение прочих определяется. *Прим. А. Н. Крылова.*

Если несколько тел, движущихся как бы то ни было друг относительно друга, будет подвержено действию равных ускоряющих сил, направленных по параллельным между собой прямым, то эти тела будут продолжать двигаться друг относительно друга так же, как если бы сказанные силы на них не действовали.

Так как эти силы, действуя на все тела одинаково (соответственно массам движущихся тел), и по направлениям параллельным будут сообщать всем телам одинаковые скорости (по закону), то они ни в чем не изменяют ни положений, ни движений тел друг относительно друга.

Почение

До сих пор я излагал начала, принятые математиками и подтверждаемые многочисленными опытами. Пользуясь первыми двумя законами и первыми двумя следствиями, Галилей нашел, что падение тел пропорционально квадрату времени и что движение брошенных тел происходит по нараболе; это подтверждается опытом, поскольку такое движение не претерпевает замедления от сопротивления воздуха. При падении тела сила тяжести в отдельные, равные между собой весьма малые промежутки времени, действуя одинаково, сообщает этому телу равные количества движения¹ и производит равные скорости; следовательно, за все время движения она сообщает телу полные количества движения и скорости, пропорциональные времени. Пространства, проходимые в пропорциональные времена, будут относиться как произведения скорости и времени, т. е. как квадраты времени. Телу, подброшенному вверх (вертикально), тяжесть сообщает равномерно количества движения², пропорциональные времени, и уменьшает скорость также пропорционально времени, так что времена подъема до наибольшей высоты пропорциональны той скорости, которая подлежит уничтожению; самые же эти высоты пропорциональны скорости и времени, т. е. пропорциональны квадрату скорости.

Движение тела, брошенного по какой-нибудь прямой (наклонной к горизонту), складывается из движения по этой прямой, происходящего от начального толчка, и из движения, происхо-

¹ В тексте сказано: «vires» — силы, причем за «силу тела» принимается его количество движения. В переводе употреблен теперешний термин. Прим. А. Н. Крылова.

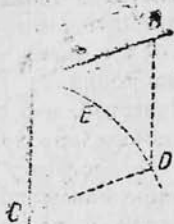


Рис. 66

длежащего от силы тяжести. Так, если бы тело *A* (рис. 66) в своем движении только от толчка описало бы в данное время прямолинейный путь *AB*, под влиянием же только силы тяжести, падая вниз, путь *AC*, то, дополнив параллелограмм *ABCD*, получим в точке *D* место тела в конце рассматриваемого времени. Кривая *AED*, описанная телом, есть касающаяся прямой *AB* в точке *A* парабола, ордината коей *BD* пропорциональна AB^2 .

От тех же законов и следствий зависят известные свойства времен качаний маятников, которые подтверждаются ежедневным опытом с часами.

Из этих же двух законов и из третьего, кавалер Хр. Врен, Иоанн Уаллис S. F. D.¹ и Христиан Гюйгенс, величайшие геометры нашего времени, вывели законы удара и отражения тел и почти одновременно сообщили их Королевскому обществу, причем их выводы во всем, касающемся этих законов, между собой согласны. По времени обнаружения найденного, Уаллис был первым, затем следовал Врен, затем Гюйгенс. Справедливость этих законов была подтверждена Уаллисом перед Королевским обществом опытами с маятниками. Эти опыты были затем признаны знаменитым Мариотом достойными быть изложенными в его книге, целиком посвященной этому предмету. Однако, чтобы результаты таких опытов в точности совпадали с теорией, необходимо принять во внимание как сопротивление воздуха, так и степень упругости соударяющихся тел.

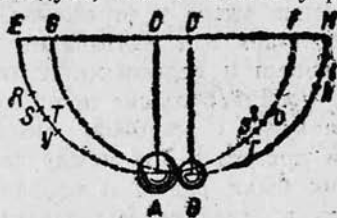


Рис. 67

Пусть шары *A* и *B* (рис. 67) подвешены на равных и параллельных нитях *AC*, *BD* из точек *C* и *D*. Опишем из этих точек, как из центров, радиусами *BD* и *AC* полуокружности *EAF* и *GBH*. Отклонив тело *A* до точки *R* дуги *EAF* и убрав тело *B*, пускаем *A* качаться и замечаем ту точку *U*, до которой оно дойдет после одного полного размаха; тогда *RV* представляет уменьшение величины размаха от сопротивления воздуха. Пусть *ST* есть четвертая часть *RV*, так расположенная посередине этой дуги, чтобы *RS* и *TV* были между собой равны, т. е. чтобы было $RS = TV = \frac{3}{2} ST$; тогда *ST* представит весьма близко влияние сопротивления воздуха при размахе от *S* до *A*.

¹ Sacrosanctae Theologiae Doctor — доктор богословия. Прим. А. Н. Крылова.

Поместим тело B на его место; если тело A пустить из точки S , то можно без чувствительной погрешности принять, что его скорость при ударе в низшем его положении будет такая же, как если бы оно свободно падало в пустоте из точки T . Эту скорость можно представить хордой TA , ибо известно, что скорость маятника в низшей точке его дуги пропорциональна хорде дуги его падения. Пусть после отражения тело A достигает до точки s и тело B до точки k . Убрав тело B , определяем положение такой точки U , из которой если пустить тело A , то после полного размаха оно приходит в t , если тогда взять $st = \frac{1}{4}rv$ и поместить точки s и t так, чтобы было $is = tv$, то хорда tA представит ту скорость, которую имеет тело A после отражения, ибо t будет то истинное и исправленное место, до которого могло бы дойти тело A при отсутствии сопротивления воздуха.

Подобным же образом исправляется и место k , и находится та точка l , до которой дошло бы тело B в пустоте. Производя все испытания таким способом, мы как бы производим их в пустоте. Умножив затем массу тела A (если можно так выразиться) на хорду TA , представляющую его скорость, получим его количество движения в точке A перед самым моментом удара. Затем, умножив на tA , получаем его количество движения после отражения. Точно так же надо массу тела B умножить на хорду Bl , чтобы получить его количество движения после отражения. Подобным образом находятся количества движения каждого из двух тел как перед ударом, так и после отражения, и в том случае, когда они одновременно пускаются из разных мест, после чего и можно сравнивать количества движения между собою и выводить последствия удара и отражения.

Производя таким образом испытания над маятниками длиной 10 футов и над массами равными и неравными и пуская тела так, чтобы они встречались, пройдя большие промежутки, например 8, 12, 16 футов, я получал с ошибкой, меньшею 3 дюймов в измерениях, что при прямом ударе между телами изменения их количества движения были равны и направлены в стороны противоположные, откуда следует, что действие и противодействие между собой равны. Так, например, если тело A ударяло по покоящемуся телу B с количеством движения, равным девяти частям, и, потеряв семь, продолжало двигаться с двумя, то тело B отскакивало также с количеством движения, равным семи. Когда тела шли друг другу навстречу, например A с количеством движения, равным двенадцати, и B с количеством движения, равным шести, и если после удара A шло в обратную сторону с количеством движения, равным двум, то B шло в обратную сторону с количеством движения, равным

восьми, т. е. оба тела, как показывает вычитание, изменяли свое количество движения на четырнадцать частей. В самом деле, если из количества движения A вычесть двенадцать, то останется ноль, по вычете же еще двух, получится количество движения, равное двум, направленное в обратную сторону, также по вычете четырнадцати из количества движения тела B , равного шести, остается количество движения, равное восьми, направленное в обратную сторону.

То же самое происходит и при движении тел в одну сторону: пусть, например, тело A идет более быстро с количеством движения четырнадцать, B — медленнее и с количеством движения; равным пяти; если после удара A продолжает идти с количеством движения пять, то B пойдет с четырнадцатью, получив девять частей от A .

Подобное соотношение имеет место и в остальных случаях: полное количество движения, рассчитываемое взяв сумму количеств движения, когда они направлены в одну сторону, и разность, когда они направлены в стороны противоположные, никогда не изменяется от удара при встрече тел.

Ошибки в один или два дюйма при измерениях следует приписать трудности произвести их достаточно точно. Была также трудность и в том, чтобы пустить оба тела так, чтобы они одновременно приходили в низшее свое положение, а также, чтобы заметить места S и K , до которых тела поднимались после встречи. Неравномерное распределение плотности и неравномерность строения тел, происходящие от случайных причин, приводят также к погрешностям.

Чтобы опровергнуть возражение против выказанного выше правила, для доказательства которого эти опыты и проводились, будто бы оно предполагает, что тела или абсолютно тверды, или вполне упруги, т. е. такие, каких в природе не встречается, добавлю, что описанные опыты удаются как с телами мягкими, так и с жесткими и совершенно не зависят от степени твердости их. Если это правило прилагать к телам не вполне твердым, то необходимо лишь уменьшить скорость отражения сообразно степени упругости тел.

По теории Врена и Гюйгенса тела абсолютно твердые отскакивают одно от другого со скоростью, равной скорости встречи. Точнее, это следовало бы сказать о телах вполне упругих. В телах не вполне упругих скорость расхождения должна быть уменьшаема соответственно степени упругости. Эта степень упругости (если только тела при ударе не повреждаются или не претерпевают удлинений как бы от удара молотом) вполне определенная и (как мне кажется) производит то, что тела расходятся с такой относительной скоростью, которая состав-

дает постоянную долю относительной скорости их встречи. Так, например, я производил следующие опыты над мячами, плотно смотанными из шерсти и сильно затем обжатыми. Прежде всего пустил маятники и определив отражение, я определял степени упругости, затем по найденной степени упругости я рассчитывал отражение для других случаев ударов, и оно согласовалось с опытом: мячи всегда отскакивают друг от друга с относительной скоростью, составлявшей от скорости их встречи $\frac{5}{9}$ или около того. Почти с такой же скоростью отскакивали стальные шары, пробковые — с несколько меньшей, для стеклянных это отношение было близко к $\frac{15}{16}$. Таким образом третий закон по отношению к удару и отражению подтверждается теорией, вполне согласующейся с опытом.

Относительно притяжения дело может быть изложено вкратце следующим образом: между двумя взаимно притягивающимися телами надо вообразить помещенным какое-либо препятствие, мешающее их сближению. Если бы одно из тел A притягивалось телом B сильнее, нежели тело B притягивается телом A , то препятствие испытывало бы со стороны тела A большее давление, нежели со стороны тела B , и, следовательно, не осталось бы в равновесии. Преобладающее давление вызвало бы движение системы, состоящей из этих двух тел, и препятствия в сторону тела B , и в свободном пространстве эта система, двигаясь ускоренно, ушла бы в бесконечность. Такое заключение нелепо и противоречит первому закону, по которому система должна бы оставаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения. Отсюда следует, что оба тела дают на препятствие с равными силами, а значит, и притягиваются взаимно с таковыми же.

Я производил подобный опыт с магнитом и железом: если их поместить каждый в отдельный сосуд и пустить плавать на спокойной воде так, чтобы сосуды взаимно касались, то ни тот, ни другой не приходят в движение, но вследствие равенства взаимного притяжения сосуды испытывают равные давления и остаются в равновесии.

Подобным образом и притяжение между землей и отдельными ее частями взаимно. Вообразим, что земля рассечена какой-либо плоскостью EG (рис. 68) на две части EGE и EGI — притяжения их друг другом будут



Рис. 68

равны. В самом деле, если отсечь другой плоскостью HK , параллельной EG , от части EGI часть HKI , равную EFG , то ясно, что сред-

няя часть KJH всем своим весом давит на среднюю $EGHK$ и побуждает ее двигаться в сторону другой крайней EFG ; следовательно, сила, с которой сумма частей $EGHK$ и HKJ , т. е. EGJ стремится к EFG , равна весу (притяжению) части HKJ , т. е. весу части EFG ; следовательно, притяжения друг к другу, т. е. вес частей GEF и GEJ , друг на друге между собой равны, что я и имел в виду показать. Если бы эти веса не были между собой равны, то вся земля, плавающая в свободном эфире, уступила большому весу и под его действием ушла бы в бесконечность.

Подобно тому, как при ударе и отражении, тела, коих скорости обратно пропорциональны массам, равнозначущи, так и при движении механических приборов действующие силы, коих скорости, взятые по направлению самих сил (проекция скорости точки приложения каждой силы на направление этой силы), обратно пропорциональны этим силам, равнозначущи между собой и при стремлении в противоположные стороны взаимно уравниваются. Таким образом в стремлении привести в движение коромысло весов равнозначущи грузы, обратно пропорциональные тем направленным прямо вверх или вниз скоростям, кои они получают при качаниях коромысла, т. е. грузы, поднимающиеся или опускающиеся вертикально, равнозначущи, если они обратно пропорциональны расстояниям их точек подвеса от ребра опоры коромысла. Если же эти грузы поднимаются или опускаются по наклонным плоскостям или по иным препятствиям, то они равнозначущи, когда они обратно пропорциональны проекциям подъема или опускания на отвесное направление, т. е. на направление силы тяжести.

Подобно этому в блоке или полиспасте усилие руки, тянущей снасть прямо, удержит прямо или наклонно поднимаемый груз в равновесии, если это усилие будет так относиться к весу груза, как скорость отвесного подъема груза относится к скорости руки, тянущей снасть. В часах и подобных им механизмах, состоящих из сцепленных между собой колес, две силы взаимно противящиеся, т. е. такие, из коих одна способствует, другая же сопротивляется движению, находятся в равновесии, если эти силы обратно пропорциональны скоростям тех частей колес, к коим они приложены. Сила винта, сжимающего тело, так относится к усилию руки, вращающей рукоятку, как окружная скорость той точки рукоятки, где усилие руки приложено, относится к скорости поступания винта против сжимаемого тела. Силы, с коими клин раздвигает две части раскальваемого дерева, так относятся к силе молота, бьющего по клину, как ско-

... в направлении действующей от бьющего его молота силы относится к скоростям, с которыми части дерева уступают клину, причем эти скорости надо брать по направлениям, перпендикулярным к щекам клина. Совершенно подобно соотношению между силами и во всякого рода машинах. Действительность и назначение машин в том только и состоит, чтобы, уменьшая скорость, увеличивать силу и наоборот, ибо во всех подобного рода приборах в сущности решается такая задача: заданный груз двигать заданной силой или же заданное сопротивление преодолеть заданным усилием.

В самом деле, если машина будет устроена таким образом, чтобы скорости точек приложения движущей силы и сопротивления были обратно пропорциональны этим силам, то движущая сила уравновесит сопротивление: при большем же отношении скоростей преодолеет его. Если отступление от пропорциональности скоростям будет таково, что будут преодолеваются сопротивления, происходящие от трения соприкасающихся и скользящих друг по другу тел, от сцепления тел, непрерывных и разъединяемых, и от подъема грузов, то за исключением всех этих сопротивлений, избыточная сила произведет ускорение, пропорциональное ее величине как в частях машины, так и в сопротивляющемся теле.

Дальнейшее изложение учения о машинах сюда не относится: я хотел лишь показать, сколь далеко простирается и сколь благонадежен третий закон движения. Если действие движущей силы оценивать пропорционально произведению этой силы и скорости и, подобно этому противодействие сопротивлений, оценивать для каждой части в отдельности пропорционально произведению ее скорости и встречаемого ею сопротивления, происходящего от трения, сцепления, веса и ускорения¹, то во всякой машине действие и противодействие будут постоянно равны, и поскольку действие передается машиною и в конце концов прилагается к сопротивляющемуся телу, то это последнее его значение будет обратно значению противодействия.



¹ В этих заключительных словах поучения можно видеть не только начало возможных перемещений в его всеобъемлющем приложении к учению о равновесии машин, т. е. вообще систем тел с полной связью или одной степенью свободы, но и сущность принципа Даламбера, лишь высказанную в столь сжатой форме, что нужен был гений Лагранжа, чтобы это общее начало выразить одной математической формулой, включающей в себя всю статику и динамику. Прим. А. Н. Крылова.

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ОБ ОСНОВНЫХ КАТЕГОРИЯХ
МЕХАНИКИ

Отрывки из приложений к «Анти-Дюрингу» и «Диалектике природы»

1. Основные формы движения.
2. Мера движения — работа.
3. Пространство и время.
4. Сила.
5. Неуничтожимость движения.
6. Движение и равновесие.
7. Механическое движение.

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ¹

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ²

Движение, рассматриваемое в самом общем смысле слова, т. е. понимаемое как способ существования материи, как внутренне присущий материи (качество) атрибут, обнимает собой все происходящие во вселенной изменения и процессы, начиная от простого перемещения и кончая мышлением. Само собой разумеется, что изучение природы движения должно было исходить из низших простейших форм его и объяснить их прежде, чем оно могло дать что-нибудь для объяснения высших и более сложных форм его. И, действительно, мы видим, что в историческом развитии естествознания раньше всего была создана теория простого перемещения, механика небесных тел и земных масс; за ней следует теория молекулярного движения, физика, а тотчас же вслед за последней, почти наряду с ней, а иногда и раньше ее, наука о движении атомов — химия. Лишь после того, как эти различные отрасли познания форм движения, господствующих в области неорганической природы, достигли высокой степени развития, можно было приступить к объяснению явлений движения, представляющих процесс жизни, причем успехи его шли параллельно прогрессу науки в области механики, физики и химии. Таким образом, в то время как механика уже давно умеет сводить к господствующим в неодушевленной природе законам все действия костных рычагов, приводимых в движение сокращением мускулов, физико-химическое обоснование прочих явлений жизни все еще находится в зачаточном состоянии. Поэтому, собираясь приступить здесь к изучению при-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Собрание сочинений, т. XIV. ИМЭЛ, Сочакгиз, М.-Л., 1931.
(Стр. 531—547)

роды движения, мы вынуждены оставить в стороне органические формы его. Сообразно с уровнем научного знания мы вынуждены будем ограничиться формами движения в неорганической природе.

Всякое движение связано с каким-нибудь перемещением — перемещением небесных тел, земных масс, молекул, атомов или частиц эфира. Чем выше форма движения, тем мельче это перемещение. Оно несколько не исчерпывает природы соответствующего движения, но оно неотделимо от него. Поэтому его приходится исследовать раньше всего остального.

Вся доступная нам природа образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом «тело» все материальные реальности, начиная от звезды и кончая атомом и даже частицей эфира, поскольку признаем реальность последнего. Из того, что эти тела находятся во взаимной связи, логически следует, что они действуют друг на друга, и это их взаимодействие и есть именно движение. Уже здесь обнаруживается, что материя немыслима без движения (что вместе с данной массой материи дано также и движение). И если, далее, мы заметим, что материя противостоит нам как нечто данное, как нечто несотворимое и неразрушимое, то отсюда следует, что и движение несотворимо и неразруσιμο. Этот вывод стал неизбежен, лишь только начали рассматривать вселенную как систему, как связь и совокупность тел. А так как философия пришла к этому задолго до того, как эта идея укрепилась в естествознании, то понятно, почему философия сделала за целых двести лет до естествознания вывод о несотворимости и неразрушимости движения. Даже та форма, в которой она его сделала, все еще выше современной естественнонаучной формулировки его. Теорема Декарта о том, что сумма имеющегося во вселенной движения остается всегда неизменной, страдает лишь формальным недостатком, поскольку в ней выражение, имеющее смысл в применении к конечному, прилагается к бесконечной величине. Наоборот, в естествознании имеются теперь два выражения этого закона: формула Гельмгольца о сохранении силы и новая, более точная формула о сохранении энергии, причем, как мы увидим в дальнейшем, каждая из этих формул резко противоречит другой и каждая, вдобавок, выражает лишь одну сторону интересующего нас отношения.

Если два тела действуют друг на друга, причем в результате этого получается перемещение одного из них или обоих, то перемещение это может заключаться лишь в их взаимном приближении или удалении друг от друга. Они либо притягивают друг друга, либо отталкивают. Или же, выражаясь терминами механики, действующие между ними силы — центрального ха-

рактера, действуют по направлению прямой, соединяющей их центры. Для нас в настоящее время сама собой разумеющаяся истина, что это происходит всегда и без исключения во вселенной, как бы сложны ни казались нам иные движения. Мы считали бы нелепым допустить, что два действующих друг на друга тела, взаимодействию которых не мешает никакое препятствие или же воздействие третьих тел, обнаруживают это взаимодействие иначе, чем по кратчайшему и наиболее прямому пути, т. е. по направлению прямой, соединяющей их центры¹. Но, как известно, Гельмгольц (Erhaltung der Kraft, Berlin, 1847, Abschn. I и II) дал также математическое доказательство того, что центральное действие и неизменность количества движения обуславливают друг друга и что допущение действий нецентрального характера приводит к результатам, при которых движение может быть или создано или уничтожено. Таким образом, основной формой всякого движения являются приближение и удаление, сокращение и расширение, — (короче говоря, старая полярная противоположность притяжения и отталкивания.

Подчеркнем здесь: притяжение и отталкивание рассматриваются нами тут не как так называемые «силы», а как *простые формы движения*. Ведь уже Кант рассматривал материю как единство притяжения и отталкивания. В свое время мы увидим, какое значение имеет понятие «силы».

Всякое движение состоит во взаимодействии притяжения и отталкивания. Но оно возможно лишь в том случае, если каждое отдельное притяжение компенсируется соответствующим ему отталкиванием в другом месте, ибо в противном случае одна сторона получала бы с течением времени перевес над другой, и тогда бы движение под конец прекратилось. Таким образом все притяжения и все отталкивания во вселенной должны взаимно уравновешиваться. Благодаря этому закон о неразрушимости и несотворимости движения сводится к положению о том, что каждое притягательное движение во вселенной должно быть дополнено эквивалентным ему отталкивательным движением, и наоборот, или же, — как это выражала задолго до установления в естествознании закона о сохранении силы *гесп*, энергии прежняя философия, — что сумма всех притяжений равна сумме всех отталкиваний.

Но здесь, повидимому, все еще имеются две возможности для прекращения со временем всякого движения, а именно: либо отталкивание и притяжение под конец когда-нибудь действи-

¹ Кант на стр. 22 говорит, что благодаря существованию трех измерений пространства это притяжение или отталкивание совершается обратнo пропорционально квадрату расстояния. Прим. автора.

тельно уравниваются, либо все отталкивание окончательно сосредоточится в одной части материи, а все притяжение — в другой части ее. Но с диалектической точки зрения эти альтернативы уже а priori нереальны. Раз диалектика, основываясь на результатах нашего опытного изучения природы, доказала, что все полярные противоположности обуславливаются вообще взаимодействием обоих противоположных полюсов, что разделение и противопоставление этих полюсов существует лишь в рамках их связи и объединения и что, наоборот, их объединение существует лишь в их разделении, а их связь лишь в их противопоставлении, то не может быть и речи ни об окончательном уравнивании отталкивания и притяжения, ни об окончательном распределении и сосредоточении одной формы движения в одной половине материи, а другой формы его — в другой половине ее, т. е. не может быть и речи ни о взаимном проникновении, ни об абсолютном отделении друг от друга обоих полюсов. Утверждать это — значило бы то же самое, что, прибегая к примеру, требовать, в первом случае, чтобы северный и южный полюсы какого-нибудь магнита нейтрализовали друг друга и друг через друга, а во втором случае, чтобы распилка магнита посередине, между обоими его полюсами, дала в одной части северную половину без южного полюса, а в другой части южную половину без северного полюса. Но хотя недопустимость подобных предположений следует уже из диалектической природы полярной противоположности, все же, благодаря господствующему среди естествоиспытателей метафизическому образу мышления, по крайней мере вторая гипотеза играет еще известную роль в физических теориях. Об этом будет еще речь в своем месте.

Как же представляется движение во взаимодействии притяжения и отталкивания? Лучше всего мы это разберем на примере отдельных форм движения. В итоге мы получим тогда общий вывод.

Рассмотрим движение какой-нибудь планеты вокруг ее центрального тела. Обычная школьная астрономия объясняет вместе с Ньютоном описываемый этой планетой эллипс из совместного действия двух сил — из притяжения центрального тела и из тангенциальной силы, увлекающей планету в направлении, перпендикулярном к этому притяжению. Таким образом, школьная астрономия принимает, кроме центральной формы движения, существование еще другого направления движения, перпендикулярного к прямой, соединяющей центры наших тел так называемой «силы». Но благодаря этому она становится в противоречие с вышеупомянутым основным законом, согласно которому в нашей вселенной всякое движение может происходить только в направлении прямой, соединяющей центры

действующих друг на друга тел, или же, как обычно выражаются, что всякое движение может вызываться лишь центрально действующими силами. Благодаря этому она вводит в теорию такой элемент движения, который, как мы это тоже видели, неизбежно приводит к идее о сотворении и уничтожении движения [и поэтому предполагает также творца]¹. Поэтому нужно было свести эту таинственную тангенциальную силу к некоторой центральной форме движения: это и сделала канто-лапласовская космогоническая теория. Согласно этой гипотезе, как известно, вся солнечная система возникла из вращающейся, крайне разреженной газовой массы путем постепенного сжатия ее, причем на экваторе этого газового шара вращательное движение было естественно сильнее всего и отрывало от массы отдельные газовые кольца, которые спускались в планеты, планетовиды и т. д. и стали вращаться вокруг центрального тела в направлении первоначального вращения. Само это вращение объясняется обыкновенно из собственного движения отдельных газовых частичек, происшедшего в самых различных направлениях, причем, однако, под конец получался избыток в одном определенном направлении, вызывавший таким образом вращательное движение, которое вместе с ростом сжатия газового шара должно было становиться все сильнее. Но, какую бы мы ни приняли гипотезу насчет происхождения вращения, при любой из них мы избавляемся от тангенциальной силы, которая превращается в особую форму проявления некоего, происходящего в центральном направлении движения. Если один центральный, элемент планетного движения представлен тяжестью, притяжением между планетой и центральным телом, то другой, тангенциальный, элемент является остатком в перенесенной или превращенной форме, первоначального отталкивания отдельных частичек газового шара. Таким образом, процесс существования какой-нибудь солнечной системы представляется в виде взаимодействия притяжения и отталкивания, в котором притяжение получает постепенно все более и более перевес благодаря тому, что отталкивание излучается в виде тепла в мировое пространство и таким образом все более и более теряется для системы.

С первого же взгляда ясно, что форма движения, рассматриваемая здесь как отталкивание, есть не что иное, как так называемая современной физикой «энергия». Система потеряла благодаря процессу сжатия и вытекающему отсюда выделению отдельных тел, из которых она в настоящее время состоит, «энергию», и потеря эта, по известному вычислению Гельмголь-

¹ Последние слова прибавлены карандашом позже. Прим. ред. 2004 М. и Э.

да, равняется теперь уже ^{453/454} всего находившегося первоначально в ней, в форме отталкивания, количества движения.

Возьмем, далее, какую-нибудь телесную массу на самой нашей земле. Благодаря тяжести она связана с землей, подобно тому как земля, со своей стороны, связана с солнцем: но, в отличие от земли, эта масса неспособна на свободное планетарное движение. Она может быть приведена в движение только при помощи внешнего толчка. Но и в этом случае, по миновании толчка, ее движение вскоре прекращается либо благодаря действию одной лишь тяжести, либо же благодаря этому действию в соединении с сопротивлением среды, в которой движется наша масса. Однако и это сопротивление является в последнем счете действием тяжести, без которой земля не имела бы никакой сопротивляющейся среды, никакой атмосферы на своей поверхности. Таким образом, в случае чисто механического движения на земной поверхности мы имеем дело с таким положением, в котором решительно преобладает тяжесть, притяжение, в котором, следовательно, для получения движения необходимо пройти две фазы: сперва действие совершается в направлении, противоположном тяжести, а затем дают действовать тяжести, — одним словом, сперва поднимают массу, а затем дают ей упасть.

Таким образом, мы имеем слова взаимодействие между притяжением, с одной стороны, и между формой движения, действующей в противоположном ему направлении, т. е. отталкивательной формой движения — с другой; но эта отталкивательная форма движения не встречается в природе в рамках земной чистой механики (оперирующей массами с данным, неизменным для них агрегативным состоянием и состоянием сцепления). Физические и химические условия, при которых какая-нибудь глыба отрывается от горы или же при которых становится возможным явление водопада, лежат вне сферы компетенции этой механики. Таким образом, в земной чистой механике отталкивающее, поднимающее движение должно быть создано искусственным образом: при помощи человеческой силы, животной силы, водяной силы, силы пара и т. д. Это обстоятельство, эта необходимость искусственно бороться с естественным притяжением, вызывает у механиков убеждение, что притяжение, тяжесть или, как они выражаются, сила тяжести является самой существенной, основной формой движения в природе.

Согласно ходячей механической концепции, если, например, поднимают какой-нибудь груз, сообщаящий благодаря своему прямому или косвенному падению движение другим телам, то движение это сообщается не *поднимателем* груза, а *силой тяжести*. Так, например, у Гельмгольца «наилучше известная нам и простейшая сила, тяжесть, действует в качестве движущей си-

ды... например, в тех стенных часах, которые приводятся в движение каким-нибудь грузом. Груз не может следовать за импульсом тяжести, не приводя в движение всего часового механизма». Но он не может привести в движение часового механизма, не опускаясь сам, и он опускается до тех пор, пока под конец не развернется вся цепь, на которой он висит. «Тогда часы останавливаются, тогда на время исчерпывается способность к работе их груза. Его тяжесть не пропала и не уменьшилась; он попрежнему притягивается с той же силой землей, но способность этой тяжести порождать движение пропала... Но мы можем завести часы при помощи силы нашей руки, причем груз снова поднимается вверх. Раз это сделано, то груз снова приобрел свою прежнюю способность к действию и может снова поддерживать часы в состоянии движения» (Helmholtz, Populäre Vorträge, т. II, стр. 144).

Таким образом, по Гельмгольцу не (положительная работа) активное сообщение движения, не поднимание груза приводит в движение часы, а пассивная тяжесть груза, хотя сама эта тяжесть выводится из состояния пассивности только благодаря подниманию и возвращается к своей пассивности после того, как развернута цепь, удерживающая груз. Следовательно, если, согласно новейшему воззрению, как мы только что видели, энергия является только другим выражением для отталкивания, то здесь, согласно более старому, гельмгольцеву, воззрению, сила является другим выражением для противоположности отталкивания, для притяжения. Мы ограничиваемся пока констатированием этого факта.

Но когда процесс земной механики достиг своего конца, когда поднятая первая тяжелая масса упала обратно, опустившись на ту же самую высоту, то что становится с движением, составляющим этот процесс? Для чистой механики оно исчезло. Однако теперь мы знаем, что оно вовсе не уничтожилось. В меньшей своей части оно превратилось в звуковые волнообразные колебания воздуха, в значительно большей части — в теплоту, которая сообщилась отчасти оказывающей сопротивление атмосфере, отчасти самому падающему телу, отчасти, наконец, участку почвы, на который установлен часовой механизм. Груз также постепенно передал свое движение, в виде теплоты, от трения, отдельным колесикам часового механизма. Но не движение падения, как обыкновенно выражаются, т. е. не притяжение, перешло в теплоту, т. е. некоторую форму отталкивания. Напротив, притяжение, тяжесть, остается, как правильно замечает Гельмгольц, тем же, чем оно было раньше, и даже, выражаясь точно, становится больше. Скорее падением механически уничтожается сообщенное поднятому телу, благодаря поднима-

нию его, отталкивание, которое затем восстанавливается в качестве теплоты. Молярное отталкивание превратилось в молекулярное отталкивание.

Теплота представляет собой, как мы уже сказали, особую форму отталкивания. Она приводит молекулы тела в колебания и этим ослабляет связь отдельных молекул, пока, наконец, не наступает переход в жидкое состояние; если продолжается приток тепла, то оно и в этом состоянии увеличивает движение молекул до тех пор, пока они совершенно не оторвутся от массы и не начнут свободно двигаться с определенной, обусловленной для каждой молекулы ее химическим составом скоростью. При продолжающемся притоке тепла оно увеличивает еще более эту скорость, отталкивая таким образом молекулы все дальше друг от друга.

Если, таким образом движение массы по направлению силы тяжести превратилось в молекулярное движение в форме теплоты, то, это, другими словами, значит: притяжение превратилось в отталкивание, в свою прямую противоположность).

Но теплота есть разновидность так называемой «энергии»; таким образом, последняя и здесь оказывается тождественной с отталкиванием.

В явлениях статического электричества и магнетизма мы имеем полярное распределение притяжения и отталкивания. Какую бы гипотезу ни составить насчет *modus operandi* обеих этих форм движения, никто, считающийся с фактами, не усомнится в том, что притяжение и отталкивание — поскольку они вызваны статическим электричеством или магнетизмом и поскольку они могут свободно обнаруживаться — вполне компенсируют друг друга, что, впрочем, следует с необходимостью из самой природы полярного распределения. Два полюса, которые не компенсировали бы вполне друг друга в своих проявлениях, не были бы вовсе полюсами; поэтому они до сих пор и не встречались в природе. Явления гальванизма мы оставим пока в покое, ибо здесь процесс обуславливается химическими явлениями, становясь благодаря этому более сложным. Обратимся поэтому лучше к изучению самих химических процессов движения.

Если две весовые части водорода соединяются с 15,96 весовой части кислорода, образуя водяной пар, то при этом развивается количество теплоты, равное 68,924 единицы теплоты. Наоборот, разложение 17,96 весовой части водяного пара на 2 весовые части водорода и 15,96 весовой части кислорода возможно лишь при том условии, что водяному пару сообщается количество движения, эквивалентное 68,924 единицы теплоты, — безразлично, в форме ли самой теплоты или электрического движения. То же самое относится ко всем химическим процес-

сам. В огромном большинстве случаев при химических соединениях выделяется движение, при разложениях сообщается движение. И здесь отталкивание представляет обыкновенно активную сторону процесса, более наделенную движением или требующую притока движения, а притяжение — пассивную сторону его, делающую излишним движение и выделяющую его. Поэтому же современная теория и заявляет, что вообще при соединении элементов энергия высвобождается, при разложении же их — связывается. Термин «энергия» здесь опять-таки употребляется вместо «отталкивание». И опять-таки Гельмгольц заявляет: «Эту силу (силу химического сродства) мы можем представить себе как силу притяжения... Эта сила притяжения между атомами углерода и кислорода производит точно так же работу, как сила, которую обнаруживает земля в виде действия тяжести на поднятый груз... Когда атомы углерода и кислорода набрасываются друг на друга и соединяются в угольную кислоту, то новообразовавшиеся частицы угольной кислоты должны находиться в крайне бурном молекулярном движении, т. е. тепловом движении... Когда в дальнейшем угольная кислота отдаст свою теплоту окружающей среде, то мы все еще имеем в угольной кислоте весь углерод, весь кислород, а также силу сродства обоих в тех же размерах, что и раньше. Но эта сила сродства обнаруживается теперь лишь в том, что она крепко связывает между собой атомы углерода и кислорода, не допуская разделения их». (I. с., стр. 169). Мы здесь замечаем то же, что и раньше: Гельмгольц настаивает на том, что в химии, как и в механике, сила заключается только в притяжении и, следовательно, является антиподом того, что у других физиков называется энергией и что тождественно с отталкиванием.

< Тем самым исчерпаны формы движения в неорганической природе, поскольку нам это позволяет современная наука. >

Таким образом, мы имеем теперь не обе простые основные формы притяжения и отталкивания, а целый ряд подчиненных форм, в которых совершается процесс универсального движения, развертывающийся в противоположности притяжения и отталкивания. Но, подводя эти многообразные формы под одно общее название движения, мы исходим вовсе не из априорных требований нашего разума. Напротив, факты опыта показывают, что они являются формами одного и того же движения, ибо при известных обстоятельствах они переходят друг в друга. Механическое молекулярное движение переходит в теплоту, в электричество — в магнетизм; теплота и электричество переходят в химическое разложение; со своей стороны, химическое соединение порождает опять-таки теплоту и электричество, а через посредство последнего — магнетизм; и, наконец, теплота и электричество в свою

очередь, производят механическое молярное движение. И происходит это таким образом, что определенному количеству движения одной формы всегда соответствует точно определенное количество движения другой формы, причем опять-таки безразлично, из какой формы движения заимствована единица меры, которой измеряется это количество движения, т. е. служит ли она для измерения молярного движения, так называемой электродвижущей силы, или же превращающегося при химических процессах движения.

Здесь мы стоим на почве, созданной Ю. Р. Майером в 1842 г.¹ и разработанной с тех пор с таким блестящим успехом учеными всех стран теории «сохранения энергии», и нам остается только исследовать основные представления, которыми ныне оперирует эта теория. Это — представление о «силе», или «энергии», и о «работе».

Мы уже видели, что современное, теперь довольно общераспространенное воззрение понимает под энергией отталкивание, между тем как Гельмгольц употребляет слово «сила» преимущественно для обозначения притяжения. Можно было бы думать, что это — какое-то формальное, несущественное различие, так как ведь притяжение и отталкивание компенсируются во вселенной, и поэтому безразлично, какую сторону отношения принять за положительную и какую — за отрицательную, подобно тому как совершенно безразлично, будем ли мы отсчитывать на известной прямой от какой-нибудь точки положительные абсциссы направо или налево. Но в действительности это не совсем так.

¹ В Pop. Volcs., II, стр. 113, Гельмгольц приписывает, повидимому кроме Майера, Джоуля и Кольдинга, и себе самому известную роль в естественнонаучном доказательстве теоремы Декарта о неизменности количества движения в мире. «Сам я, не зная ничего о Майере и Кольдинге и ознакомившись с опытами Джоуля лишь в конце своей работы, вступил на тот же самый путь: я старался в особенности определить все отношения между различными физическими процессами, вытекающими из указанной точки зрения, и опубликовал свои исследования в 1847 г. в маленьком сочинении под названием «О сохранении силы» [подчеркнуто Энгельсом]. Но в этом сочинении не находится ровно ничего нового для уровня науки в 1847 г., за исключением упомянутого выше математического — впрочем, весьма ценного — доказательства, что «сохранение силы» и центральное действие сил, действующих между различными телами какой-нибудь системы, являются лишь двумя различными выражениями одной и той же вещи, и, далее, более точной формулировки закона, что сумма живых сил и сил напряжения в некоторой данной механической системе постоянна. Во всем остальном вторая работа Майера от 1845 г. уже опередила это сочинение Гельмгольца. Уже в 1842 г. Майер утверждал «неразрушимость силы», а в 1845 г. он, исходя из своей новой точки зрения, сумел сообщить гораздо более гениальные вещи об «отношениях между различными физическими процессами», чем Гельмгольц в 1847 г. Прим. автора.

Дело в том, что у нас речь идет здесь прежде всего не о Вселенной, а о явлениях, имеющих место на земле и обусловленных вполне определенным положением земли в солнечной системе и солнечной системы во Вселенной. Но наша солнечная система излучает в каждое мгновение колоссальные количества движения в мировое пространство, и притом движения вполне определенного рода, именно солнечную теплоту, т. е. отталкивание. А сама наша земля живет только благодаря солнечной теплоте и, со своей стороны, излучает полученную солнечную теплоту в конце концов тоже в мировое пространство, после того как она превратила часть ее в другие формы движения. Таким образом, в солнечной системе, а в особенности на земле, притяжение имеет уже значительный перевес над отталкиванием. Если бы мы не получали излучаемого солнцем движения отталкивания, то на земле прекратилось бы всякое движение. Если бы солнце застыло завтра, то, при прочих равных условиях, притяжение осталось бы на земле тем же, чем оно является в настоящее время. Камень весом в сто килограммов продолжал бы попрежнему весить эти сто килограммов на том месте, где он лежит. Но зато движение как масс, так и молекул и атомов заменилось бы состоянием абсолютного, с нашей точки зрения покоя. Таким образом, ясно, что для процессов, совершающихся на нашей нынешней земле, совершенно не безразлично, станем ли мы рассматривать притяжение или отталкивание как активную сторону движения, т. е. как «силу» или «энергию». На нынешней земле, наоборот, притяжение, благодаря своему решительному перевесу над отталкиванием, стало уже совершенно пассивным; всем активным движением мы обязаны притоку отталкивания от солнца. Поэтому же новейшая школа по существу вполне права, с точки зрения земных процессов и даже с точки зрения всей солнечной системы, если она рассматривает энергию как отталкивание, хотя бы она не отдавала себе вполне отчета в природе самого движения.

Термин «энергия» отнюдь не выражает правильно всего явления движения, ибо он подчеркивает только одну сторону его — действие, но не противодействие. Кроме того, он способен вызвать мысль о том, будто «энергия» есть нечто внешнее для материи, нечто привитое ей. Но, во всяком случае, он заслуживает предпочтения перед выражением «сила».

Представление о силе заимствовано, как это признается всеми (начиная от Гегеля и кончая Гельмгольцем), из проявлений деятельности человеческого организма по отношению к окружающей его среде. Мы говорим о мускульной силе, о поднимающей силе рук, о прыгательной силе ног, о пищеварительной силе желудка и кишечного тракта, о силе ощущения нервов,

о секретной силе железа и т. д. Иными словами, чтобы избавиться от необходимости указать реальную причину изменения, вызванного какой-нибудь функцией нашего организма, мы сочиняем некоторую фиктивную причину, соответствующую этому изменению, и называем ее силой. Мы переносим затем этот удобный метод и во внешний мир и, таким образом, сочиняем столько же сил, сколько существует различных явлений.

Естествознание (за исключением разве небесной и земной механики) находилось на этой наивной ступени развития еще во время Гегеля, с полным правом выступавшего против тогдашней манеры придумывать повсюду силы (прочитывать соответствующее место). Точно так же он замечает и в другом месте: «Лучше сказать, что магнит (как выражается Фалес) имеет душу, чем что он имеет силу притягивать; сила это — такое свойство, которое как *отделимое от материи* представляет себя в виде предиката; душа же, это — движение себя, одно и то же вместе с природой материи» (Geschichte d. Philosophie, I, стр. 208).

Теперь мы не так легко оперируем силами, как в те времена. Послушаем Гельмгольца: «Если мы вполне знаем какой-нибудь закон природы, то мы должны требовать признания его без исключения... Таким образом, закон представляется нам в виде некоторой объективной мощи, и поэтому мы называем его силой. Так, например, мы объективируем закон преломления света как некоторую силу преломления света прозрачных веществ, закон химического сродства как силу сродства между собой различных веществ. Точно так же мы говорим об электрической контактной силе металлов, о силе прилипания, капиллярной силе и т. д. В этих наименованиях объективированы законы, охватывающие сперва небольшие ряды физических процессов, условия которых еще довольно запутаны¹... Сила, это — только объективированный закон действия... Абстрактное понятие силы, выставляемое нами, прибавляет к этому еще лишь мысль о том, что мы не сочинили произвольно этого закона, что он представляет собой принудительный закон явлений. Таким образом, наше требование *понять* явления природы, т. е. найти их законы, принимает другой вид, сводится к требованию отыскивать силы, представляющие собой причины явлений» (I. с., стр. 190). Доклад на инсбрукском съезде естествоиспытателей в 1869 г.).

Заметим прежде всего, что очень своеобразен способ «объективировать», сводящийся к тому, что вносят *чисто субъективное* представление о силе в некий, — установленный как независимый от нашей субъективности и, следовательно, уже вполне *объективный*, — закон природы. Подобную вещь мог бы поз-

¹ Подчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

волять себе в лучшем случае какой-нибудь правовернейший старогегельянец, а не неокантианец вроде Гельмгольца. К установленному раз закону и к его объективности или же к объективности его действия не прибавляется ни малейшей новой объективности от того, что мы подставим на его место некую силу; здесь присоединяется лишь наше субъективное утверждение, что этот закон действует при помощи некоторой, пока еще совершенно неизвестной силы. Но тайный смысл этой подстановки открывается перед нами тогда, когда Гельмгольц начинает приводить свои примеры — преломление света, химическое сродство, контактное электричество, прилипание, капиллярность — и возводит законы, управляющие этими явлениями, в «объективное» дворянское сословие сил. «В этих наименованиях объективизированы законы, охватывающие сперва наибольшие ряды физических процессов, условия которых еще довольно запутаны». Именно здесь «объективирование», являющееся скорее субъективированием, приобретает известный смысл: мы ищем прибежище в слове «сила» не потому, что мы вполне познали закон, но именно потому, что мы его не познали, потому что мы еще не выяснили себе «довольно запутанных условий» этих явлений. Таким образом, прибегая к понятию силы, мы выражаем не наше знание, а наше отсутствие знания природы закона и способа его действия. В этом смысле, в виде краткого выражения еще непознанной причинной связи, в виде уловки языка, он может перейти в обычное употребление. Что сверх того, то от лукавого. С тем же правом, с каким Гельмгольц объясняет физическое явление из так называемой силы преломления света, электрической контактной силы и т. д., средневековые схоластики объясняли температурные изменения из *vis calorifica* и *vis frigidificans*, избавляя себя таким образом от необходимости всякого дальнейшего изучения явлений теплоты.

Но и в этом смысле рассматриваемое выражение неудачно, выражая все явления односторонним образом. Все процессы в природе двусторонни, основываясь на отношении между, по меньшей мере, двумя действующими частями, основываясь на действии и противодействии. Между тем представление о силе, благодаря своему происхождению из действия человеческого организма на внешний мир и, далее, из земной механики, предполагает мысль о том, что только одна часть — активно действенная, другая же — пассивно воспринимающая, и, таким образом, устанавливает пока еще недоказанное распространение половой полярности на неорганическую природу. Противодействие второй части, на которую действует сила, является здесь в лучшем случае в качестве чего-то пассивного, в качестве *сопротивления*. Правда, эта концепция применима в целом ряде областей и помимо

чистой механики, — именно там, где дело идет о простом перенесении движения и количественном вычислении его. Но ее уже недостаточно в более сложных физических процессах, как это доказывают собственные примеры Гельмгольца. Сила преломления света заключается столько же в самом свете, сколько в прозрачных телах. В случае явлений прилипания и капиллярности сила заключается безусловно столько же в твердой поверхности, сколько в жидкой. Относительно контактного электричества можно, во всяком случае, с уверенностью утверждать, что здесь играют роль *оба* металла, а «сила химического сродства» заключается, во всяком случае, в *обеих* соединяющихся частях. Но сила, состоящая из двух отдельных сил, действие, не вызывающее своего противодействия, а заключающее и несущее его в себе самом, — не есть вовсе сила в смысле земной механики, этой единственной науки, в которой действительно знают, что означает слово «сила». Ведь основными условиями земной механики являются, во-первых, отказ исследовать причины импульса, т. е. природу соответственной в каждом случае силы, а во-вторых, представление об односторонности силы, которой противопоставляется некоторая равная всегда себе в любом месте тяжесть, так что, по сравнению с любым пространством, проходимым падающим на земле телом, радиус земного шара равен бесконечности.

Но пойдем дальше и посмотрим, как Гельмгольц «объективирует» свои «силы» в законы природы.

В одном докладе, в 1854 г. (I. с., стр. 119), он исследует «запас рабочей силы», который содержал в себе первоначально туманный шар, давший начало нашей солнечной системе. «Действительно, этот шар получил колоссальный запас рабочей силы в форме всеобщей силы притяжения всех его частей друг к другу». Это бесспорно. Но столь же бесспорно и то, что все это приданное из тяжести или тяготения сохраняется в неущербленном виде и в теперешней солнечной системе, за исключением разве незначительной части его, утерянной с материей, которая, может быть, была выброшена безвозвратным образом в мировое пространство. Далее: «И химические силы должны были уже быть налицо, готовые к действию; но так как эти силы могут действительно проявиться лишь при самом тесном соприкосновении разнородных масс, то прежде чем началась их работа, должно было произойти сгущение». Если мы вместе с Гельмгольцем (см. выше) станем рассматривать эти химические силы как силы сродства, т. е. как *притяжение*, то мы должны будем и здесь сказать, что совокупная сумма этих сил химического притяжения сохраняется неумаленной и в теперешней солнечной системе.

Но на той же самой странице Гельмгольц приводит в качестве результата своих выкладок, что в солнечной системе «имеется лишь, примерно, $\frac{1}{454}$ доля первоначальной механической силы как таковой». Как согласовать это? Ведь сила притяжений — как всеобщая, так и химическая — сохранилась в нетронutom виде в солнечной системе. Другого определенного источника силы Гельмгольц не указывает. Правда, согласно Гельмгольцу, его силы произвели колоссальную работу. Но от этого они ни увеличились, ни уменьшились. О каждой молекуле в солнечной системе, как о всей солнечной системе, можно сказать то же самое, что о часовом грузе в вышеприведенном примере: «Его тяжесть не пропала и не уменьшилась». Все химические элементы испытывают то же, что углерод и кислород, рассмотренные нами выше: вся масса каждого элемента сохраняется и точно так же «остается в прежних размерах сила сродства». Что же мы потеряли? И какая «сила» произвела колоссальную работу, которая в 453 раза больше, чем та, которую может еще произвести, по его вычислению, солнечная система? На это мы не имеем никакого ответа у Гельмгольца. Но дальше мы читаем у него:

«Мы не знаем, имелся ли еще другой запас силы в виде теплоты». С позволения Гельмгольца мы заметим следующее: теплота есть отталкивательная «сила» и, следовательно, действует в направлении, обратном направлению тяжести и химического притяжения. Она есть минус, если последние принимать за плюс. Поэтому, если Гельмгольц составляет свой первоначальный запас силы из всеобщего притяжения и химического притяжения, то имеющийся помимо этого запас теплоты должен был бы быть не прибавлен к нему, а вычтен из него. В противном случае нужно было бы утверждать, что солнечная теплота увеличивает силу притяжения земли, когда она, вопреки ей, превращает воду в пары и поднимает эти пары вверх; или же — что теплота раскаленной железной трубки, через которую проходят водяные пары, усиливает химическое притяжение кислорода и водорода, между тем как она, наоборот, уничтожает его. Или же¹, выражая это самое отношение иным, более конкретным образом: допустим, что туманный шар радиуса r , т. е. объем $\frac{4}{3} \pi r^3$ имеет температуру t . Допустим, далее, что другой туманный шар, равной массы, имеет при более высокой температуре T больший радиус R и объем $\frac{4}{3} \pi R^3$. Ясно, что во втором туманном шаре притяжение — как механическое, так физическое и химическое —

¹ От, или же до запаса силы добавлено на полях. Прим. ред. соч. М. и Э.

лишь тогда сможет начать действовать с той же силой, как в первом, когда он сократится и вместо радиуса R станет радиус r , т. е. когда соответствующая разнице температур $T - t$ теплота будет излучена в мировое пространство. Таким образом, более теплый туманный шар сгустится позже, чем более холодный, и, следовательно, теплота, являясь препятствием для сгущения, оказывается, с точки зрения Гельмгольца, не плюсом, а минусом «запаса силы». Гельмголец, предполагая возможность, в виде теплоты, некоторого количества отталкивательного движения, присоединяющегося к притягательным формам движения и увеличивающего их сумму, совершает безусловно ошибку в своих выкладках.

Придадим же всему этому «запасу силы» — как опытно доказуемому, так и теоретически возможному — один и тот же знак для того, чтобы можно было совершить сложение. Так как в настоящее время мы еще не в состоянии обратить теплоты, не в состоянии заменить ее отталкивание эквивалентным притяжением, то нам придется совершить это обращение для обеих форм притяжения. В таком случае мы должны взять вместо силы всеобщего притяжения, вместо силы химического сродства и вместо существовавшей, возможно, уже первоначально теплоты как таковой просто сумму имевшегося в газовом шаре, в момент его образования, отталкивательного движения, или так называемой энергии. С этим согласуется и вычисление Гельмгольца, когда он вычисляет «согревание», получившееся благодаря гипотетическому первоначальному сгущению тел нашей системы из рассеянного туманного вещества. Сведя таким образом весь «запас сил» к теплоте, к отталкиванию, он делает возможным прибавить к этому гипотетический «запас силы теплоты». А в таком случае произведенное им вычисление выражает тот факт, что $\frac{453}{454}$ всей имевшейся первоначально в газовом шаре энергии, т. е. отталкивания, было излучено, в виде теплоты в мировое пространство или же, выражаясь точнее, что сумма всего притяжения в современной солнечной системе относится к сумме всего имеющегося в ней отталкивания, как 454: 1. Но в таком случае эти выкладки противоречат тексту доклада, к которому они приложены.

Но если представление силы приводит даже у такого физика, как Гельмголец, к подобной путанице понятий, то это является лучшим доказательством того, что оно вообще не может найти научного применения во всех областях исследования, выходящих из рамок вычислительной механики. В механике принимают причины движения за данное и не интересуются их происхождением, считаясь только с их действиями. Поэтому если какую-нибудь причину движения называют силой, то это ни-

сколько не вредит механике как таковой; но, благодаря этому, привыкают переносить это наименование также и в область физики, химии и биологии, что приводит к неизбежной путанице. Мы уже видели это и увидим еще не один раз¹. О понятии работы мы будем говорить в следующей главе.



МЕРА ДВИЖЕНИЯ — РАБОТА

«Напротив, я до сих пор всегда находил, что основные понятия этой области» (т. е. «основные физические понятия работы и неизменности ее») «с большим трудом даются тем лицам, которые не прошли школу математической механики, несмотря на все усердие с их стороны, на всех их способности и даже на довольно высокий уровень естественнонаучных знаний. Не следует забывать того, что эта абстракция совершенно особого рода. Ведь понять их удалось не без труда даже такому крупному мыслителю, как И. Кант, о чем свидетельствует его полемика с Лейбницем». Так говорит Гельмгольц (Pop.-wiss. Vortr., II, Vorrede).

Таким образом, мы вступаем в очень опасную область, тем более, что из-за недостатка времени и места мы не можем провести читателя через школу математической механики. Но, может быть, удастся показать, что там, где дело идет о понятиях, диалектическое мышление приводит, по меньшей мере, к таким же плодотворным результатам, как и математические выкладки.

Галилей открыл, с одной стороны, закон падения, согласно которому пройденные падающими телами пространства пропорциональны квадратам времени падения. Но наряду с этим он установил не вполне соответствующее, как мы увидим, этому закону положение, что количество движения какого-нибудь тела (его *impeto* или *momento*) определяется массой и скоростью, так что, при постоянной массе, оно пропорционально скорости. Декарт принял эту последнюю теорему и признал вообще произведение массы движущегося тела на скорость мерой его движения. (И даже теперь можно встретить то же самое в известных руководствах. Так, например, у Томсона и Тэта (A Treatise on Natural Philosophy etc London and Oxford, 1867, стр. 162) «количество движения, или момент твердого тела, движущегося

¹ Этот абзац и последующее предложение дополнительно приписано Первоначально здесь стояло: Работа: развить перенесение движения и его форм. Резюме. Прим. ред. соч. М и Э.

без вращения, пропорционально произведению его массы на скорость... Двойная масса, или двойная быстрога, соответствует двойному количеству движения и так далее»).

Уже Гюйгенс нашел, что в случае упругого удара сумма произведений масс на квадраты скорости остается неизменной как до удара, так и после него и что аналогичный закон имеет силу также для различных других случаев движения соединенных в одну систему тел.

Лейбниц первый заметил, что декартова мера движения противоречит закону падения. Но, с другой стороны, нельзя было отрицать того, что декартова мера оказывается во многих случаях правильной. Поэтому Лейбниц разделил движущиеся силы на мертвые и живые. Мертвыми силами были «давления» или «натяжения» покоящихся тел; за меру их он принимал произведение из массы на скорость, в которой двигалось бы тело, если бы из состояния покоя оно перешло в состояние движения; за меру же живой силы — реального движения тела — он принял произведение из массы на квадрат скорости. Эту новую меру движения он вывел непосредственно из закона падения. «Необходима, — рассуждал Лейбниц, — одна и та же сила как для того, чтобы поднять тело, весом в четыре фунта, на один фут, так и для того, чтобы поднять тело весом в один фунт, на четыре фута. Но пути пропорциональны квадрату скорости, ибо если тело упало на четыре фута, то оно приобрело двойную скорость по сравнению с той скоростью, которую оно имеет, когда падает на один фут. Но при своем падении тела приобретают силу, с помощью которой они могут подняться на ту же самую высоту, с которой упали; следовательно, силы пропорциональны квадрату скорости» (Suter, Geschichte der Math., II, стр. 367). Но далее он доказал, что мера движения mv противоречит декартовой теореме о постоянстве количества движения, ибо если бы она была действительно верна, то сила (т. е. сумма движения) постоянно увеличивалась бы или уменьшалась бы в природе. Он даже набросал проект аппарата (1690 г., Acta Eruditorum), который — будь мера mv правильной — представлял бы perpetuum mobile, дающий постоянно новую силу, что нелепо. В наше время Гельмгольц неоднократно прибегал к этому аргументу.

Картезианцы протестовали из всех своих сил, и тогда загорелся знаменитый, длившийся много лет спор, в котором принял участие в первом своем сочинении Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte, 1746 г.) И. Кант, хотя он и неясно разбирался в вопросе. Современные математики относятся с изрядной дозой презрения к этому «бесплодному» спору, который «затянулся больше чем на сорок лет, расколов математиков Европы на два враждебных лагеря, пока, наконец, Далам-

бер своим *Traite de dynamique* (1743 г.) точно каким-то заклинанием, не положил конец этой *беспольной словесной грызне*, к которой, собственно, сводилось все дело» (Suter, l. c., стр. 366).

Но мы вправе, кажется, думать, что не может сводиться к беспольной грызне спор, начатый таким мыслителем, как Лейбниц, против такого человека, как Декарт, и столь занимавший мысль Канта, что он посвятил ему своего литературного первенца — довольно объемистый том. И, действительно, как понять, что движение имеет две противоречащие друг другу меры, из которых одна пропорциональна скорости, а другая квадрату скорости? Зутер слишком легко справился с этим вопросом: он утверждает, что обе стороны были правы и обе же неправы; «выражение «живая сила» сохранилось до настоящего времени; но теперь оно уже не рассматривается как мера силы, а является просто раз принятым обозначением для столь важного в механике произведения из массы на половину квадрата скорости». Таким образом, mv остается мерой движения, а живая сила — это только другое выражение для $\frac{mv^2}{2}$ причем относительно последней формулы нам сообщают лишь то, что она очень важна в механике, но мы вовсе не узнаем, что, собственно, она означает.

Возьмем однако в руки спасительный *Traité de dynamique* взглянем пристальнее в «заклинание» Даламбера, которое находится в *Предисловии*. В тексте мы читаем, что весь вопрос не представляет интереса из-за «совершенной беспольности его для механики». Это вполне верно для *чисто вычислительной* механики, где, как это мы видели выше у Зутера, слова представляют лишь особые выражения, наименования для алгебраических формул, наименования, при которых лучше всего ничего не мыслить. Но так как столь крупные ученые занимались этим вопросом, то он все же хочет разобрать его в предисловии. Под силой движущихся тел можно, если правильно вдуматься, понимать только их способность преодолевать препятствия или сопротивляться им. Таким образом, силу приходится измерять не через mv и не через mv^2 , а только через препятствия и их сопротивление.

Но существует три рода препятствий: 1) непреодолимые препятствия, которые совершенно уничтожают движение и которые именно поэтому не могут быть здесь рассматриваемы; 2) препятствия, сопротивления которых достаточно для устранения движения и которые это делают мгновенно: это случай равновесия; 3) препятствия, устраняющие движение лишь постепенно: это случай замедленного движения. «Но все согласятся с тем, что существует равновесие между двумя телами, когда произведения их масс на их виртуальные скорости, т. е. на ско-

рости, с которыми они стремятся двигаться, у обоих равны. Следовательно, при равновесии произведение массы на скорость — или, что сводится к тому же самому, количество движения — может представлять силу. Все согласится также с тем, что в случае замедленного движения, число преодоленных препятствий пропорционально квадрату скорости, так что тело, которое зажало, например, при известной скорости одну пружину, сможет при двойной скорости зажать сразу или последовательно не две, а четыре пружины, подобные первой; при тройной скорости — девять пружин и т. д. Отсюда сторонники живых сил (приверженцы Лейбница) умозаключают, что сила движущихся актуально тел вообще пропорциональна произведению массы на квадрат скорости. По существу, в чем заключалось бы неудобство, если бы мера сил была различной в случае равновесия и в случае замедленного движения? Ведь если желать рассуждать, руководясь лишь ясными идеями, то под словом сила следует понимать лишь эффект, получаемый при преодолении препятствия или при сопротивлении ему» (Предисловие, стр. 19—20 первого издания).

Но Даламбер слишком философ, чтобы не понимать, что так легко он не справится с противоречием существования двойной меры для одной и той же силы. Поэтому, повторив по существу то самое, что уже сказал Лейбниц, — ибо его *équilibre* решительно то же самое, что «мертвое давление» Лейбница, — он вдруг переходит на сторону картезианцев и предлагает следующий выход: произведение mv может и в случае замедленного движения считаться мерой силы, «если в этом последнем случае измерять силу не абсолютным количеством препятствий, а суммой сопротивления этих самых препятствий. Ибо нельзя сомневаться в том, что эта сумма сопротивлений пропорциональна количеству движения mv , ибо, как согласятся с этим все, количество движения, теряемого телом в каждое мгновение, пропорционально произведению сопротивления на бесконечно малый промежуток времени и что, следовательно, сумма этих произведений равняется, очевидно, совокупному сопротивлению». Этот последний способ вычисления кажется ему более естественным, «ибо какое-нибудь препятствие является препятствием лишь постольку, поскольку оно оказывает сопротивление, и, собственно говоря, сумма сопротивлений и является преодоленным препятствием; кроме того, определяя таким образом силу, мы имеем и то преимущество, что у нас оказывается одна общая мера для случаев равновесия и замедленного движения». Но каждый вправе думать так, как он хочет. И, покончив, как ему кажется, с вопросом посредством математического трюка, — что признает и сам Зутер, — он заключает свое изложение нелюбезными

замечаниями по поводу путаницы, царившей в мыслях его предшественников, и утверждает, что после вышеприведенных замечаний возможна лишь совершенно бесплодная метафизическая дискуссия или же еще менее достойная словесная грызня.

Попытка примирения Даламбера сводится к следующему вычислению:

Масса 1, обладающая скоростью 1, зажимает в единицу времени 1 пружину.

Масса 1, обладающая скоростью 2, зажимает 4 пружины, но употребляет для этого 2 единицы времени, т. е. зажимает в единицу времени только 2 пружины.

Масса 1, обладающая скоростью 3, зажимает 9 пружин в 3 единицы времени, т. е. зажимает в единицу времени лишь 3 пружины.

Значит, если мы разделим действие на потребное для него время, то мы вернемся от mv^2 обратно к mv .

Мы имеем перед собой тот самый аргумент, который раньше выдвинул против Лейбница Кателян: тело, обладающее скоростью 2, действительно поднимается против тяжести на высоту, в четыре раза большую, чем тело, обладающее скоростью 1, но для этого ему требуется также в два раза больше времени; следовательно, сумму движения надо разделить на время $a=2$, а не $=4$. Таким же, странным образом, и взгляд Зутера, который ведь лишил выражение «живая сила» всякого логического смысла, оставив за ним только математический смысл. Но это вполне естественно. Для Зутера дело идет о том, чтобы спасти формулу mv в ее значении единственной меры количества движения, и поэтому mv^2 приносится логически в жертву, чтобы воскреснуть преображенным на небе математики.

Но верно во всяком случае то, что аргументация Кателяна образует, один из мостов, соединяющих mv с mv^2 , и поэтому имеет известное значение.

Механики, преемники Даламбера, отнюдь не воспользовались его заклинанием, ибо его заключительное суждение было в пользу mv как меры движения. Они придерживались его суждения о сделанном уже Лейбницем различии между мертвыми и живыми силами: для случаев равновесия, т. е. в статике, имеет силу mv , для замедленного же движения, т. е. в динамике, имеет силу mv^2 . Хотя в общем это различие правильно, но в указанной форме оно имеет не больше логического смысла, чем известное различие унтер-офицера: на службе всегда «мне», вне службы всегда «меня». Его принимают молча; оно существует, и мы не можем его изменить, а если в подобной двойной мере заключается противоречие, то что же мы можем сделать?

Так, например, Thomson and Tait, A Treatise on Natural Phi-

osophy, Oxford 1867, стр. 162: «Количество движения, или момент твердого тела, движущегося без вращения, пропорционально произведению из его массы на скорость. Двойная масса или двойная скорость будут соответствовать двойному количеству движения». И тотчас же вслед за этим: «*Vis viva*, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению его массы на квадрат скорости».

В такой совершенно грубой форме ставятся рядом друг с другом обе противоречивые меры движения, причем не делается ни малейшей попытки объяснить это противоречие или хотя бы затушевать его. В книге обоих этих шотландцев мышление запрещено; можно производить только вычисления. Ничего нет по этому удивительного, что по крайней мере один из них, Тэт, принадлежит к правовернейшим христианам правоверной Шотландии.

В лекциях Кирхгофа по математической механике формулы mv и mv^2 вовсе не встречаются в этой форме.

Может быть, нам поможет Гельмгольц. В сочинении о сохранении силы он предлагает выражать живую силу через $\frac{mv^2}{2}$ — пункт, к которому мы еще вернемся. Затем на стр. 20 и след. он вкратце перечисляет случаи, в которых до сих пор уже применяли и признавали принцип сохранения живой силы (т. е. $\frac{mv^2}{2}$).

Затем сюда относится под № 2: «Передача движений несжимаемыми твердыми и жидкими телами, если при этом не имеет места трение или удар неупругих тел. Наш общий принцип выражается для этого случаи в виде правила, что производимое и неизменяемое механическими машинами движение теряет постоянно в величине силы то, что оно выигрывает в скорости. Если мы представим себе, что некий груз m поднимается вверх со скоростью s при помощи машины, в которой путем какого-нибудь процесса равномерно порождается работа, то при помощи другого механического приспособления можно будет поднять груз nm , но лишь со скоростью $\frac{s}{n}$, так что в обоих случаях можно представить количество работы, создаваемой машиной в единицу времени, через mgc , где g означает ускорение силы тяжести».

Таким образом, и здесь мы встречаем внутренне противоречивое утверждение, что измеренная через mv «величина силы», убывающая и возрастающая пропорционально скорости, должна служить доказательством сохранения величины силы, убывающей и возрастающей пропорционально квадрату скорости.

Впрочем, здесь обнаруживается, что mv и $\frac{mv^2}{2}$ служат для определения двух совершенно различных процессов; ведь мы

знали это давно, ибо mv^2 не может равняться mv , за исключением того случая, когда $v=1$. Но мы должны выяснить себе, почему движение обладает двоякого рода мерой, что так же недопустимо в науке, как и в торговле. Попробуем добиться этого иным путем.

Итак, через mv измеряется «движение, производимое и изменяемое механическими силами»; таким образом, эта мера применима к рычагу и всем производным от него формам, колесам, винтам и т. д., — короче говоря, ко всем механическим приспособлениям, передающим движение. Но одно весьма простое и вовсе не новое рассуждение показывает, что, поскольку здесь имеет силу mv , имеет силу и mv^2 . Возьмем какое-нибудь механическое приспособление, в котором плечи рычагов относятся друг к другу, как 4 : 1, в котором, следовательно, груз в 1 килограмм уравнивает груз в 4 килограмма. Приложив совершенно ничтожную добавочную силу к одному плечу, мы можем приподнять 1 килограмм на 20 метров; но эта же самая прибавочная сила, приложенная к другому плечу, поднимает 4 килограмма на 5 метров, и притом больший груз опустится в то же самое время, в какое меньший груз поднимется. Массы и скорости здесь обратно пропорциональны друг другу: mv , $1 \times 20 = m'v'$, 4×5 . Теперь предоставим каждому из грузов — после того как они были подняты — свободно упасть на первоначальный уровень; в таком случае груз в 1 килограмм, пройдя пространство в 20 метров (мы для простоты принимаем здесь ускорение силы тяжести равным в круглых цифрах 10 метрам вместо 9,81), приобретает скорость в 20 метров; другой же груз, в 4 килограмма, пройдя пространство в 5 метров, приобретет скорость в 10 метров.

$$mv^2 = 1 \times 20 \times 20 = 400 = m'v'^2 = 4 \times 10 \times 10 = 400.$$

Наоборот, времена падения здесь различны: 4 килограмма проходят свои 5 метров в 1 секунду, а 1 килограмм свои 20 метров в 2 секунды. Само собой разумеется, что мы здесь исключили влияние трения и сопротивления воздуха.

Но после того, как каждое из обоих тел упало со своей высоты, его движение прекращается. Таким образом, mv оказывается здесь мерой просто перенесенного, т. е. продолжающегося, движения, а mv^2 — мерой исчезнувшего работы механического движения.

Далее, в случае удара вполне упругих тел имеет силу то же самое: сумма mv , как и mv^2 , остается неизменной до удара и после него. Обе меры имеют здесь одинаковое значение.

Не то мы наблюдаем в случае удара не упругих тел. Здесь

ходящие элементарные учебники (вышшая механика почти не занимается больше подобными мелочами) утверждают, что сумма mv остается неизменной до удара и после него. Зато здесь происходит потеря в живой силе, ибо, если вычесть сумму всех mv^2 после удара из суммы их до удара, то остается всегда положительный остаток; на эту величину (или на ее половину, в зависимости от точки зрения) и уменьшается живая сила благодаря взаимопроникновению и изменению формы соударяющихся тел. Это последнее ясно и очевидно. Не так очевидно первое утверждение, а именно, что сумма mv остается неизменной до удара и после него. Живая сила представляет, вопреки Зутеру, движение, и раз часть ее потеряна, то потеряно и движение. Таким образом, либо mv выражает здесь неправильно количество движения, либо вышеприведенное утверждение ошибочно. (Я позволю себе предположить последнее.) Вообще вся эта теорема является наследием времени, когда еще не имели никакого представления об изменении движения, когда, следовательно, исчезновение механического движения признавалось лишь там, где этого нельзя было не признать. Так, здесь равенство суммы mv до удара и после него доказывается на основании того, что нигде нельзя отметить потери или выигрыша в этой сумме. Но если тела утрачивают, благодаря внутреннему трению, соответствующему их неупругости, живую силу, то они теряют также и скорость, и, следовательно, сумма mv должна после удара быть меньше, чем до него. Ведь нелепо игнорировать внутреннее трение при вычислении mv , когда с ним так определенно считаются при вычислении mv^2 .

Но это ничего не значит. Если даже мы примем эту теорему и станем вычислять скорость после удара, исходя из допущения, что сумма mv осталась неизменной, даже и в этом случае мы найдем, что сумма mv^2 убывает. Таким образом, здесь mv и mv^2 приходят между собой в столкновение, выражающееся в разнице действительно исчезнувшего механического движения. И само вычисление показывает, что сумма mv выражает количество движения правильным образом, а сумма mv^2 — неправильным образом.

Таковы приблизительно все случаи, в которых употребляется в механике mv ; рассмотрим теперь несколько случаев, в которых употребляется mv^2 .

Когда ядро вылетает из пушки, то при своем полете оно потребляет количество движения, пропорциональное mv^2 , независимо от того, ударится ли оно в твердую мишень или же перестанет двигаться благодаря сопротивлению воздуха и силе тяжести. Если железнодорожный поезд сталкивается с другим, стоящим неподвижно поездом, то сила столкновения и соответ-

ствующее ей разрушение пропорциональны его mv^2 . Точно так же мы имеем дело с mv^2 при вычислении каждой механической силы, потребной для преодоления некоторого сопротивления.

Но что, значит, это удобное и столь распространенное среди механиков выражение: преодоление некоторого сопротивления?

Когда, поднимая некоторый груз, мы преодолеваем сопротивление тяжести, то при этом исчезает некоторое количество движения, некоторое количество механической силы, равное тому количеству ее, которое может быть снова создано при помощи прямого или косвенного падения поднятого груза с достигнутой им высоты на его первоначальный уровень. Оно измеряется полупроизведением массы его на квадрат достигнутой при падении конечной скорости: $\frac{mv^2}{2}$. Что же произошло при поднятии груза? Исчезло механическое движение, или сила, как таковая. Но она не превратилась в ничто; она превратилась в механическую силу напряжения, как выражается Гельмгольц, в потенциальную энергию, как выражаются новейшие теоретики, в эргаль, как называет ее Клаузиус, и в любое мгновение она может быть превращена любым механически допустимым образом обратно в то же самое количество механического движения, которое было необходимо для порождения ее. Потенциальная энергия есть только отрицательное выражение для живой силы, и наоборот.

Ядро, весом в 24 фунта, ударяется со скоростью 400 метров в секунду в металлическую броню броненосца толщиной в один метр; при этих условиях оно не оказывает никакого видимого действия на броню судна. Таким образом, здесь исчезло механическое движение, равное $\frac{mv^2}{2}$, т. е., так как 24 фунта = 12 килограммам, равное $12 \times 400 \times 400 \times \frac{1}{2} = 960\,000$ килограммометров. Что же случилось с этим количеством движения? Незначительная часть его пошла на то, чтобы вызвать сотрясение в железной броне и породить в ней молекулярные превращения. Другая часть послужила на то, чтобы раздробить ядро на бесчисленные обломки. Но самая значительная часть превратилась в теплоту, согрев ядро до температуры каления. Когда пруссаки при переходе в Альсен в 1864 г. направили свою тяжелую артиллерию против бронированных стен Рольфа Краке, то при каждом удачном попадании они видели в темноте сверкание внезапно раскалявшегося ядра, а Витворт доказал уже раньше путем опытов, что разрывные снаряды, направляемые против броненосцев, не нуждаются в запальнике: раскаленный металл зажигает сам заряд взрывчатого вещества. Если принять механический эквивалент теплоты за 424 килограммометра, то вышеприведенное количество механического движения соответствует

2264 единицам теплоты. Удельная теплота железа равняется 0,1140, т. е. то количество теплоты, которое нагревает 1 килограмм воды на 1 градус Цельсия и которое принимается за единицу теплоты, способно нагреть на 1 градус Цельсия $\frac{1}{0,114} = 8,772$ килограмма железа. Следовательно, вышеприведенные 2264 единицы теплоты поднимают температуру одного килограмма железа на $8,772 \times 2264 = 19\,860$ градусов Цельсия, или же 19 860 килограммов железа на 1 градус. Так как это количество теплоты распределяется равномерно между броней судна и ударившим в нее ядром, то последнее нагревается на $\frac{198\,00}{2 \times 12} = 828$ градусов, что представляет довольно значительный жар. Но так как передняя, ударяющая половина ядра получает естественно значительно большую часть теплоты, — примерно вдвое большую, чем задняя, — то первая нагреется до 1 104 градусов, а вторая до 552° по Цельсию, что вполне достаточно для объяснения явления раскаления, даже если мы сделаем значительный вычет в пользу производимой при ударе механической работы.

При трении точно так же исчезает механическое движение, появляющееся снова в виде теплоты. Как известно, Джоулю в Манчестере и Кольдингу в Копенгагене удалось, при помощи максимально точного измерения обоих процессов, впервые установить экспериментальным образом, с известным приближением, механический эквивалент теплоты.

То же самое происходит при получении электрического тока в электромагнитной машине при помощи механической силы, например паровой машины. Производимое в определенное время количество так называемой электродвижущей силы пропорционально, — а если выразить его в той же самой мере, то и равно, — потребленному в это же самое время количеству механического движения. Мы можем также вообразить себе, что это последнее производится не паровой машиной, а опускающимся грузом, подчиняющимся силе тяжести. Механическая сила, производимая этим грузом, измеряется живой силой, которую он приобрел бы, если бы свободно упал с такой же высоты, или же силой, необходимой, чтобы снова поднять его на первоначальную высоту, т. е. измеряется в обоих случаях через mv^2 .

Таким образом мы находим, что механическое движение обладает, действительно, двойкой мерой, но убеждаемся также, что каждая из этих мер годится для определенного ограниченного круга явлений. Если имеющееся уже шарице механическое движение переносится таким образом, что сохраняется в качестве

механического движения, то оно передается согласно формуле о произведении массы на скорость. Если же оно передается таким образом, что исчезает в качестве механического движения, возникая заново в виде потенциальной энергии теплоты, электричества и т. д., — словом, превращается в другую форму движения, то количество этой формы движения пропорционально произведению первоначально двигавшейся массы на квадрат скорости. Словом: mv — механическое движение, измеряемое механическим же движением; mv^2 — механическое движение, измеряемое его способностью превращаться в определенное количество другой формы движения. И мы видели, что обе эти меры не противоречат друг другу, так как они различного характера.

Ясно, таким образом, что спор Лейбница с картезианцами вовсе не был простой словесной грызней и что Даламбер по существу ничего не добился своим заклинанием. Даламбер мог бы не обращаться со своими тирадами по адресу своих предшественников, упрекая их в неясности их воззрений, ибо его собственные взгляды не отличались большей ясностью. И действительно, в этом вопросе должна была царить неясность, пока не знали, что делается с уничтожающимся как будто механическим движением. И пока математические механики остаются, подобно Зутеру, упорно в четырех стенах своей специальной науки, до тех пор и в их головах, как и в голове Даламбера, будет царить неясность, и они должны будут отвечать на наши недоумения пустыми и противоречивыми фразами.

Но как же выражает современная механика это превращение механического движения в другую форму движения, количественно пропорциональную первому? Это движение, — говорит механик, — *произвело работу*, и притом такое-то и такое-то количество работы.

Но понятие работы в физическом смысле не исчерпывается этим. Если теплота превращается — как мы это имели в случае паровой или калорической машины — в механическое движение, т. е. если молекулярное движение превращается в молярное движение, если теплота разлагает известное химическое соединение, если она превращается в термоэлектрическом столбе в электричество, если в электрическом токе она выделяет из раствора серной кислоты элементы воды, или если, наоборот, высвобождающееся при химическом процессе какого-нибудь гальванического элемента движение (*alias* — энергия) принимает форму электричества, а это последнее в свою очередь превращается в сомкнутой цепи в теплоту, — то при всех этих явлениях форма движения, начинающая процесс и превращающаяся, благодаря

ему, в другую форму, совершает работу, и притом такое количество ее, которое пропорционально ее собственному количеству.

Таким образом, работа, это — изменение формы движения, рассматриваемое с его количественной стороны.

Но как же? Неужели, если поднятый груз остается спокойно наверху, то его потенциальная энергия представляет и во время покоя форму движения? Разумеется. Даже Тэт пришел к убеждению, что эта потенциальная энергия впоследствии примет форму актуальной энергии (Nature), а Кирхгоф идет еще гораздо дальше, говоря (Math. Mech., стр. 32): «Покой это — частный случай движения», и показывая этим, что он способен не только вычислять, но и диалектически мыслить.

Таким образом, мы получили при рассмотрении обеих мер механического движения, словно мимоходом и почти без усилий, понятие работы, о котором нам говорили, что его так трудно усвоить без математической механики. И во всяком случае мы знаем теперь о нем больше, чем из доклада Гельмгольца «О сохранении силы» (1862 г.), в котором он задается как раз целью «изобразить с возможной ясностью основные физические понятия работы и ее неизменности». Все, что мы узнаем у Гельмгольца о работе, сводится к тому, что она есть нечто, выражающееся в футо-фунтах, или же в единицах теплоты, и что число этих футо-фунтов, или единиц теплоты, неизменно для определенного количества работы; далее, что, кроме механических сил и теплоты, и химические, и электрические силы могут производить работу, но что все эти силы исчерпывают свою способность к работе по мере того, как они производят реальную работу; и что отсюда следует, что сумма всех способных к действию количеств силы в мировом целом вечна и неизменна при всех происходящих в природе изменениях. Понятие работы не развивается у Гельмгольца и даже не определяется им¹.

И именно количественная неизменность величины работы скрывает от него тот факт, что основным условием всякой физической работы является качественное изменение, перемена формы. Поэтому-то Гельмгольд и может позволить себе утверждение, что «трение и неупругий удар это — процессы, при которых уничтожается механическая работа² и порождается взамен теплота» (Pop. Vortr., II, стр. 166). Совсем наоборот. Здесь механическая работа не уничтожается, здесь создается механиче-

¹ Не лучших результатов мы добьемся у Клерк Максвелла. Этот последний говорит (Theory of Heat, 4-th. ed., London, 1875, стр. 87): «Работа производится, когда преодолевается сопротивление», и, стр. 184, «энергия какого-нибудь тела — это способность произвести работу». Это все, что мы узнаем у Максвелла насчет работы. Прим. автора.

² Подчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

ская работа. Здесь уничтожается — лишь *видимым образом* — механическое движение. Но механическое движение нигде и никогда не может создать работы даже на миллионную часть килограмметра, если оно не будет видимым образом уничтожено как таковое, если оно не превратится в другую форму движения.

Но, как мы видели, способность к работе, заключающаяся в определенном количестве механического движения, называется его живой силой, и до последнего времени она измерялась через mv^2 . Но здесь возникло новое противоречие. Послушаем Гельмгольца (Erh. d. Kraft, стр. 9). У него мы читаем: «Величину работы, которая производится и затрачивается, можно выразить как груз m , поднятый на высоту h ; если выразить силу тяжести через g , то величина работы равняется mgh . Чтобы масса m могла подняться перпендикулярно вверх на высоту h , ей необходима скорость $v = \sqrt{2gh}$, скорость, которую она приобретает при обратном падении. Следовательно, $mgh = \frac{mv^2}{2}$ ».

И Гельмгольц предлагает «принимать величину $\frac{1}{2} mv^2$ за количество живой силы, благодаря чему она становится тождественной с мерой величины работы. С точки зрения того, как до сих пор применялось понятие живой силы . . . , это изменение не имеет никакого значения, но зато представляет существенные выгоды в дальнейшем».

Мы с трудом верим своим ушам. Гельмгольц в 1847 г. так мало отдавал себе отчета в вопросе о взаимоотношении между живой силой и работой, что он вовсе не замечал того, как он превращал прежнюю пропорциональную меру живой силы в абсолютную меру, и совершенно не понимал какое огромное открытие он сделал своим смелым скачком, так что, рекомендуя свое $\frac{mv^2}{2}$, он ссылался только на соображения удобства этого выражения по сравнению с mv^2 . И из этих соображений удобства механики дали права гражданства выражению $\frac{mv^2}{2}$. Лишь постепенно удалось доказать также и математическим образом эту формулу $\frac{mv^2}{2}$: алгебраическое доказательство находится у Наумана (Allg. Chemie, стр. 7), аналитическое — у Клаузиуса (Mech. Wärmetheorie, 2 Aufl., 1, стр. 18), которое затем встречается в ином виде и иной дедукции у Кирхгофа (цит. сочинение, стр. 27).

Изысканный алгебраический вывод $\frac{mv^2}{2}$ из mv дает Клерк Маквелл (цит. сочинение, стр. 88), что не мешает нашим

обоим шотландцам, Томсону и Тэту, утверждать (цит. сочинение, стр. 163): «*Vis viva*, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению из массы его на квадрат скорости. Если мы примем те же самые единицы массы, что и выше, — именно единицу массы, движущейся с единицей скорости, — то очень выгодно¹ определить кинетическую энергию как полупроизведение из массы на квадрат скорости». Здесь обоим первым механикам Шотландии изменило не только мышление, но и способность к вычислениям. *Particuear advantage*, удобство формулы, является решающим аргументом.

Для нас, убедившихся в том, что живая сила есть не что иное, как способность некоторого данного количества механического движения производить работу, само собой разумеется, что выражение в механических мерах этой способности к работе и произведенной ею работы должны быть равны друг другу и что, следовательно, если $\frac{mv^2}{2}$ является мерой работы, то то же $\frac{mv^2}{1}$ является мерой для живой силы. Но таков путь науки. Теоретическая механика приходит к понятию живой силы, практическая механика инженеров приходит к понятию работы и навязывает его теоретикам. Но привычка к вычислениям отучила теоретиков мыслить. И вот в течение ряда лет они не замечают связи обоих этих понятий, измеряя одно из них через mv^2 , другое — через $\frac{mv^2}{2}$, принимая под конец в виде меры для обоих $\frac{mv^2}{2}$ не из понимания существа дела, а для упрощения выкладок¹.



¹ Педчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

² Слово «работа» и соответствующее представление созданы английскими экономистами-инженерами. Но по-английски практическая работа называется *work*, а работа в экономическом смысле называется *labour*. Поэтому и физическая работа обозначается словом *work*, причем исключается всякая возможность, смешения с работой в экономическом смысле. Совершенно иначе обстоит дело в немецком языке; поэтому-то и были возможны в новейшей псевдо-научной литературе различные смееобразные применения работы в физическом смысле к трудовым отношениям в области экономики, и наоборот. Но у немцев имеется слово *Werk*, которое, подобно английскому слову *work*, отлично годится для обозначения физической работы. Но так как политическая экономия — совершенно чуждая нашим естествоиспытателям область, то они вряд ли решатся ввести его вместо приобретенного уже права гражданства слова *Arbeit*, а если и попытаются ввести, то тогда, когда уже будет слишком поздно. Только у Клаузиуса встречается попытка сохранить хотя бы наряду с выражением *Arbeit*; и выражение *Werk*, Прим. автора.

ПРИМЕЧАНИЯ К АНТИ-ДЮРИНГУ

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ¹

(Перед этим исследованием бесконечности следует указать на следующее:)

1) «Небольшая область» — с точки зрения пространства и времени.

2) «Вероятно, недостаточное развитие органов чувств».

3) Что мы способны познавать только конечное, преходящее, изменяющееся и в различных степенях относительное (и т. д. до:) «Мы не знаем, что такое время, пространство, сила и материя, движение и покой, причина и следствие».

Это старая история. Сперва сочиняют абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познавать их чувственно, желают видеть время и обонять пространство. Эмпирик до того втягивается в привычный ему эмпирический опыт, что воображает себя все еще в области чувств, опыта даже тогда, когда он имеет дело с абстракциями. Мы знаем, что такое час, метр, но не знаем, что такое время и пространство! Точно время есть нечто иное, чем сумма часов, а пространство нечто иное, чем сумма кубических метров! Разумеется, обе формы существования материи без этой материи представляют ничто, только пустое представление, абстракцию, существующую только в нашей голове. Но мы неспособны познать, что такое материя и движение! Разумеется, неспособны, ибо материю, как таковую, и движение, как таковое, никто еще не видел и не испытал каким-нибудь иным образом; люди имеют дело только с различными реально существующими материями и формами движения. Вещество, материя — не что иное, как совокупность всех чувственно воспринимаемых форм движения; слова, вроде «материя» и «движение» это — просто сокращения, в которых мы резюмируем, согласно их общим свойствам, различные чувственно воспринимаемые вещи. Поэтому материю и движение можно познать лишь путем изучения отдельных форм вещества и движения; поскольку мы познаем последние, постольку мы познаем материю и движение как таковые. Поэтому, когда Негели говорит, то мы не знаем, что такое время, пространство, движение, причина и следствие, то он этим лишь утверждает, что мы при помощи своей головы сочиняем себе сперва абстракции, отвлекая

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Собр. сочинений, ИМЭЛ. Партиздат, Соц-экгиз, М.-Л., 1931, т. XIV. Стр. 354—356.

² Заголовок дан редакцией.

их из реального мира, а затем — не в состоянии познать этих сочиненных нами абстракций, ибо они умственные, а не чувственные вещи, между тем как всякое познание есть чувственное измерение. Это — точь-в-точь как встречающаяся у Гегеля трудность, что мы в состоянии есть вишни, сливы, но не в состоянии есть плода, потому что еще никто не ел плода как такового.



ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС
ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ
ДИАЛЕКТИКА И ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ¹

С и л а

Если какое-нибудь движение (перенесено таким образом, что в результате появляется механическое движение, то можно считать, что механическое движение просто перенесено или что другие формы движения превращены в механическую) переносится с одного тела на другое, то, поскольку это движение переносится, активно, его можно считать причиной движения, поскольку же оно перенесено пассивно, — результатом; в таком случае эта причина, это активное движение является силой, а пассивное движение — проявлением силы. Согласно закону неуничтожаемости движения, отсюда само собой следует, что сила в точности равна своему проявлению, так как в обоих случаях мы имеем одно и то же движение. Но переносящееся движение более или менее определимо количественно, так как оно проявляется в двух телах, из которых одно может служить единицей меры для измерения движения другого. Измеримость движения и придает категории силы ее ценность. Без этого она не имела бы никакой ценности. Чем более доступно измерению движение, тем более пригодны для исследования категории силы и проявления ее. Особенно это имеет место в механике, где силы разлагают еще далее, рассматривая их как составные и получая иногда благодаря этому новые результаты, причем, однако, не следует забывать, что это просто умственная операция. Если же, по аналогии с составными силами, как они получаются согласно теореме о параллелограмме сил, начать рассматривать таким образом действительно простые силы, то от этого они не становятся еще действительно составными. <Об этом забыл Ньютон при анализе планетарного движения.> То же самое в статике. Далее, то же самое при превращении других форм дви-

¹ Idem, стр. 401—403.

жения в механическую (теплота, электричество, магнетизм в притягивании железа), где первоначальное движение может быть измерено произведенным им механическим действием. Но уже здесь, где рассматриваются одновременно различные формы движения, обнаруживается ограниченность категории или сокращенного выражения силы. Ни один порядочный физик не станет теперь называть электричество, магнетизм, теплоту просто силами, как не станет он называть их материями или невесомыми. Если мы знаем, в какое количество механического движения превращается определенная масса теплового движения, то мы еще ничего не знаем о природе теплоты, как бы ни необходимо было изучение этих превращений для исследования этой природы теплоты. Рассматривание ее как формы движения — это — последний триумф физики, и благодаря этому в ней снята категория силы. В известных случаях — в случаях перехода — они могут являться в виде сил и быть, таким образом, измеряемыми. Так, теплота измеряется расширением какого-нибудь нагретого тела. Если бы теплота не переходила здесь от одного тела к другому, которое служит масштабом, то теплота тела-масштаба не изменялась бы и нельзя было бы говорить об измерении, об изменении величины. Говорят просто: теплота расширяет тела; сказать же: теплота обладает силой расширять тела, это — простая тавтология, а сказать: теплота есть сила, расширяющая тела, было бы неверно, так как: 1) расширение можно произвести, например, у газов, разными способами и 2) теплота этим не выражается исчерпывающим образом.

Некоторые химики говорят еще о химической силе, благодаря которой происходят и удерживаются соединения. Но здесь мы не имеем собственно перехода, а имеем совпадение движения различных тел воедино, и понятие «сила» превращается в фразу, как и всюду, где думают исследовать неисследованные формы движения... здесь оказывается, таким образом, у границы своего употребления. Но она еще измерима через порождение теплоты, однако до сих пор без значительных результатов; для ее объяснения сочиняют так называемую силу (например, объясняют плавание дров на воде из плавательной силы — преломляющая сила в случае света и т. д.), причем таким образом получают столько сил, сколько имеется необъясненных явлений, и по существу только переводят внешние явления на внутренний язык фразы. (Более извинителен случай притяжения и отталкивания; здесь масса непонятных для физики явлений резюмируется в одном общем названии, и этим дается намек на какую-то внутреннюю связь их.) [Если бы хотели говорить о химической силе, то пришлось бы найти способ для измерения большего или меньшего средства между от-

дельными элементами и их соединениями, например, кислотами и щелочами, землями, серой, окисями металлов, — задача, которая современных химиков вполне основательно занимает пока мало. > Наконец, в органической природе категория силы совершенно недостаточна, и, однако, она постоянно применяется. Конечно, можно назвать действие мускула по его механическому результату мускульной силой и даже измерять его; можно даже рассматривать другие измеримые функции как силу, — например, пищеварительную способность различных желудков. Но таким образом мы вскоре приходим к абсурду (например, нервная сила), и, во всяком случае, здесь можно говорить о силах только в очень ограниченном и фигуральном смысле (обычный оборот речи: собраться с силами). Эта неразбериха привела к тому, что стали говорить о жизненной силе, и если этим желают сказать, что форма движения в органической природе отличается от механической, физической, химической, содержащая в себе в снятом виде, то способ выражения негоден, в особенности потому, что сила — предположив перенос движения — является здесь чем-то внесенным в организм извне, а не при-сущим ему, неотделимым от него. Поэтому-то жизненная сила является последним убежищем всех супранатуралистов.

Недостаток: 1) сила обыкновенно рассматривается как самостоятельное существование. (Hegel, Naturphil., стр. 79).

2) Скрытая, покоящаяся сила — объяснить это из отношения между движением и покоем (инерцией, равновесием), где также разобрать вопрос о возбуждении силы.

[Неуничтожаемость движения¹]

Неуничтожаемость движения уже заключается в положении Декарта, что во вселенной сохраняется всегда одно и то же количество движения. Естествоиспытатели, говоря о «неуничтожаемости силы», выражают эту мысль несовершенным образом. Чисто количественное выражение Декарта тоже недостаточно: движение как таковое, как существенное проявление, как форма существования материи, неразруσιμο, как сама материя; в этом и заключается количественная сторона дела. Значит, и здесь естествоиспытатель через двести лет подтвердил философа.

«Его (движения) сущность заключается в непосредственном единстве пространства и времени... к движению принадлежат пространство и время; скорость, мера движения, это — пространство в отношении к определенному истекшему времени.

¹ Idem, стр. 403—404.

(Hegel, Naturphil., стр. 65). Пространство и время заполнены материей... Подобно тому как нет движения без материи, так нет материи без движения»¹, стр. 67).

[Движение и равновесие¹]

Равновесие неотделимо от движения. В движении небесных тел движение находится в равновесии и равновесие в движении, относительно [. . ? . .]. Всякое специальное относительное движение, т. е. здесь всякое отдельное движение отдельных более мелких тел на каком-нибудь движущемся небесном теле, — это стремление к установлению относительного покоя, равновесия. Без относительного покоя нет развития. Возможность относительного покоя тел, возможность временных состояний равновесия является существенным условием дифференцирования материи, а значит, и жизни. На солнце нет вовсе равновесия отдельных веществ, а только всей массы, или же только весьма ничтожное равновесие, обусловленное значительными различиями плотности, на поверхности — вечное движение, отсутствие покоя, диссоциация. На луне, повидимому, царит полное равновесие, без всякого относительного движения — смерть (луна — отрицательность). На земле движение дифференцировалось в смене движения и равновесия: отдельное движение стремится к равновесию, а совокупное движение снова уничтожает отдельное равновесие. Скала пришла в покой, но процесс выветривания, работа морского прибоя, действие рек, глетчеров непрерывно уничтожает равновесие. Испарение и дождь, ветер, теплота, электрические и магнитные явления представляют ту же самую картину. Наконец, в живом организме мы наблюдаем непрерывное движение всех мельчайших частиц его, а также более крупных органов, имеющее своим результатом, во время нормального периода жизни, постоянное равновесие всего организма и, однако, пребывающее всегда в движении; мы наблюдаем здесь живое единство движения и равновесия. Всякое равновесие лишь относительно и временно.

Механическое движение²]

У естествоиспытателей движение всегда понимается как = механическому движению, перемещению. Это перешло по наследству из дохимического XVIII столетия и сильно затруд-

¹ Idem, стр. 404—405. Над этим абзацем карандашом заголовок: Равновесие = преобладанию притяжения над отталкиванием. Приж. ред. соч. М. и Э.

² Idem, стр. 408.

няет ясное понимание вещей. Движение, в применении к материи, это — изменение вообще. Из этого же недоразумения вытекает яростное стремление свести все к механическому движению, — уже Грове «сильно склонен думать, что прочие свойства материи являются видами движения и в конце концов будут сведены к ним» (стр. 16), чем смазывается специфический характер прочих форм движения. Этим не отрицается вовсе, что каждая из высших форм движения связана всегда необходимым образом с реальным механическим (внешним или молекулярным) движением, подобно тому как высшие формы движения производят одновременно и другие виды движения; химическое действие невозможно без изменения температуры и электричества, органическая жизнь невозможна без механических, молекулярных, химических, термических, электрических и т. д. изменений. Но наличие этих побочных форм не исчерпывает существа главной формы в каждом случае. Мы, несомненно, «сведем» когда-нибудь экспериментальным образом мышление к молекулярным и химическим движениям в мозгу; но исчерпывается ли этим сущность мышления?



ИВАН БЕРНУЛЛИ

НОВЫЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ О СИСТЕМЕ ДЕКАРТА И О
СПОСОБЕ КОТОРЫМ МОЖНО ВЫВОДИТЬ ИЗ НЕЕ
ОРБИТЫ И АФЕЛИИ ПЛАНЕТ

1730 г.

JEAN BERNOULLI

NOUVELLES PENSEES SUR LE SYSTEME DE M. DESCAR-
TES ET LA MANIERE D'EN DEDUIRE LES ORBITES ET
LES APHELIES DES PLANETES

В то время как система Ньютона пользовалась в Англии полным признанием, на континенте, особенно во Франции, еще в начале XVIII в. идеям Ньютона противопоставлялась физика Декарта. Ряд выдающихся ученых, в том числе и Иван Бернулли, стремились построить теорию движения тел и небесную механику, исходя из общих идей физики Декарта и его теории вихрей. Приводимая работа Бернулли, написанная в резком полемическом тоне против Ньютона и его школы, дает представление о происходившей в то время борьбе.

Эта работа была написана Бернулли на предложенную Парижской академией на 1730 г. тему: «Какие причины обуславливают эллиптическую форму орбит планет и почему большая ось этих эллипсов меняет свое расположение, или, что сводится к тому же, почему их афелий или перигелий последовательно соответствуют различным точкам неба.

За эту работу Бернулли была присуждена премия Королевской академии наук за 1730 г.

Перевод с французского сделан по изд. *Johannis Bernoulli*: «Opera Omnia», Qomus Qeritus. Lausanae et genevae, MDCCCLII, 1742. (Стр. 136—146).

Однако поскольку вопрос касается физических причин, вызывающих движения небесных тел и разнообразие этих движений, мнения философов расходятся. Я не задаюсь целью исследовать каждое из этих мнений в отдельности, и этого никто не требует. Я только хочу, потому что это приводит меня к моей теме, сопоставить, те два мнения, которые произвели больше всего шума. Первое принадлежит Декарту, второе, особенно распространенное в Англии, знаменитому Ньютону.

VIII

Я сначала коснусь второго мнения; как известно, Ньютон построил свою систему на идеях Кеплера, у которого он заимствовал обоснование своей системы. Нельзя не согласиться, что он очень удачно разрешил свою задачу с помощью центробежной силы планет, уравновешиваемой противоположно направленной силой тяготения к центру движения. Что касается первой из этих двух сил, то природа ее известна, а причина совершенно удобопонятна; всякий, конечно, согласится с тем, что, например, камень, который вращают с помощью пращи, приобретает постоянное стремление удалиться от центра, потому что праша препятствует его движению по прямой линии, которая является касательной к кругу во всякой точке, в какой находится камень и вместе с тем представляет собой то естественное направление, по которому двигался бы камень, если бы его не удерживала праша. Так как для того, чтобы в любой момент отклонять камень от его прямолинейного направления, требуется известная сила, то очевидно, что она должна вызывать равное ей сопротивление (потому что действие и противодействие всегда равны); и в этом сопротивлении и заключается центробежная сила. Таким образом, эта сила всеми признана и допущена в качестве ясного и удобопонятного принципа.

IX

Но когда потребовалось объяснить причину тяготения планет к солнцу и почему они не встречают сопротивления со стороны среды, в которой они движутся, то пришлось прибегнуть к двум смелым гипотезам, против которых восстают умы, при-

¹ В первых шести параграфах излагаются общие принципы птолемеевской и коперниканской астрономии. *Прим. ред.*

вычные допускать в физике только бесспорные и очевидные принципы. Первая гипотеза заключается в допущении в телах свойства или способности притяжения, в силу которого они взаимно притягиваются без участия какого-либо другого действия. Вторая гипотеза сводится к допущению во всемирной абсолютной пустоте. Итак (как остроумно выражается г-н де-Фонтенелль), притяжение и пустота, которые Декарт изгнал из физики и, как казалось, навсегда, вернулись, по милости г-на Ньютона, вооруженные новой силой, к которой их не считали способными, и только, может быть, слегка замаскированными. Эти два принципа стремятся восстановить царство перепатетиков, которые так долго тиранизировали древнюю философию. Ньютон понимал и предвидел, что против него выступают с возражениями, в особенности относительно врожденной тяжести тел; поэтому он в нескольких местах своих трудов указывает, что он высказывает эту мысль только как гипотезу, например, на стр. 389 своих «Princip. Phil. Nat...», последнее издание: однако же, говорит он, — я меньше всего склонен утверждать, что тяжесть является существеннейшим свойством тел. (Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmao.) В этом отношении он гораздо более сдержан, чем его фанатические последователи вроде г-на Котса, написавшего предисловие к этому изданию, в котором он положительно и в высокопарном тоне говорит, вразрез с учением школы Декарта (стр. 8 и 9), что тяжесть так же существенно свойственна телам, как протяженность, подвижность и непроницаемость. Мы видим, что ученик гораздо смелее своего учителя.

Х

Однако этот самоуверенный тон ни в коем случае не может заставить нас слепо принять невразумительные идеи, и мы позволяем себе отказаться от системы Ньютона, пока она не будет освобождена от всего того, что оскорбляет здравый смысл. Мне кажется, что я напал на очень удачный способ истолкования тяготения планет чисто механической причиной, не прибегая ни к притяжению, ни к пустоте; с тем преимуществом, что я могу отчетливо доказать, почему тяготение планет к солнцу должно быть обратно пропорционально квадратам их расстояний до центра солнца, что Ньютон и его последователи допускали только как гипотезу, не умея ее доказать, и выводя из нее эллипсы, в фокусе которых они помещали солнце или центр тяготения. Но мои размышления на этот счет могут послужить темой для другой диссертации, которую я позволю себе предложить вниманию прославленной Академии, если окажется,

что настоящий мой труд удостоился ее одобрения. В настоящее время я хочу только убедить противников вихрей, что последние гораздо удобнее, чем думали до сих пор, для разъяснения явлений природы, и, в частности, тех, о которых здесь идет речь. Может быть, это несколько рассеет те затруднения, которые были присущи излагаемой системе.

XI

Вихри, введенные Декартом, слишком известны физикам, чтобы нужно было их пространно описывать. Как известно, этими вихрями Декарт хотел объяснить два важнейших явления, а именно: движение планет вокруг солнца и природу тяготения, которое заставляет материальные тела устремляться к центру земли или к центру другой планеты. Но эта система, несмотря на свое правдоподобие, встретила много противников; в особенности указывали на то, что с помощью вихрей очень трудно разъяснить закон Кеплера, который удивительно подтверждается самыми точными наблюдениями. Согласно этому закону, планеты описывают вокруг центра солнца не эксцентрические круги, как думали раньше, а эллипсы, хотя и близкие к кругам. Солнце находится в одном из фокусов каждого из эллипсов. Время, необходимое для пробега дуги эллипса, пропорционально площади сектора эллипса, образованного этой дугой и двумя прямыми линиями, проведенными из фокуса к концам означенной дуги. Продолжительности периодов полных обращений планет состоят в полуторном отношении к их средним расстояниям до центра солнца; другими словами, квадраты периодов времен относятся друг к другу, как кубы расстояний. Отсюда следует, что средняя скорость планет обратно пропорциональна квадратному корню из их среднего расстояния. Все это наблюдается также при вращении второстепенных планет или спутников вокруг их главной планеты.

XII

Декарт впрочем старался указать какую-нибудь причину, почему одна и та же планета то больше, то меньше удалена от солнца. По мнению его и его комментаторов, это происходит потому, что солнечный вихрь, окруженный несколькими другими неравными вихрями, сжимается ими неравномерно; так как по этому промежутку, через который должна пройти материя вихря, с одной стороны, уже, а с противоположной шире, то необходимо, чтобы планета ближе приближалась к солнцу и бы-

стрее двигалась там, где она сжата, и удалялась от солнца и двигалась медленнее там, где пространство шире. Если согласиться с этим, то ясно, что орбиты планет не будут представлять собой кругов, и что у них будут свои афелии и перигелии; но разве необходимо для этого, спросят, чтобы орбиты представляли собою в точности эллипсы? И чтобы солнце располагалось в точности в одном из фокусов? Чтобы планеты в своем беге так строго следовали закону Кеплера? Разве требуется, чтобы апсиды были подвижны, несмотря на неравные промежутки между солнцем и смежными вихрями, которые, как вытекает из этого объяснения, должны наблюдаться всегда в одних и тех же местах в отношении к неподвижным звездам? Можно ли сказать, что бог каким-то чудом создал такое специальное распределение вихрей, чтобы вызвать изложенные выше действия? Это было бы равносильно тому, что принято называть «*Deum accessere ex machina*». С таким же правом можно было бы утверждать, что бог своим всемогуществом непосредственно направляет механизм вселенной, и что только благодаря его воле небесные тела движутся так, а не иначе; можно было бы также вспомнить о тех гениях или разумных существах, которых бог специально создал, по забавному представлению некоторых древних мыслителей, чтобы вечно вращать небеса и звезды, точно соблюдая закон Кеплера. Если бы было позволительно рассуждать в такой плоскости и нагромождать одну гипотезу на другую, то, конечно, в природе вещей не осталось бы ни одного явления, для которого нельзя было бы придумать объяснения. Такое объяснение в шуточной форме приводится Котсом в предисловии, о котором я упоминал выше; здесь, издеваясь над вихрями Декарта, он несколько смело утверждает, что они не лучше объясняют движения планет, чем, например, гипотеза, которая бы объясняла, почему камень, брошенный в воздух, описывает параболу, и приводила бы в виде причины, что существует некое тончайшее вещество, движущееся во всех направлениях, но всегда по параболам, большим и малым. Таким образом, камень, брошенный в воздух, увлекался бы этим веществом, и должен был бы описывать ту или иную параболу, смотря по направлению, в котором он был брошен, и по усилию, затраченному на бросание.

XIII

Такое применение вихрей, конечно, смешно, но, с другой стороны, было бы несправедливо совершенно отбрасывать их между тех затруднений, которые возникают с самого начала. Справедливость требует убедиться, нельзя ли устранить эти затруд-

жения, попытавшись найти какое-нибудь видоизменение или разумное объяснение. Мы были бы неблагодарны, если бы не признали, что именно Декарту мы обязаны теми основными идеями, которые позволяют нам рассуждать в области физики, исходя из совершенно ясных принципов, отбросив все то нагромождение оккультных скрытых свойств, форм субстанции, пластических свойств и сил и тысячи других химер, которые мы унаследовали от древности.

XIV

Вихри представляются нам столь естественными, что почти невозможно не допускать их существования, но чтобы рассеять те неудобства, которые возникают из способа, который Декарт приводит для увлечения планет этими вихрями, не было ли бы лучше внести поправку. Нужно выявить другой эффект этих вихрей, о котором раньше не думали, и который позволяет просто и ясно истолковывать явления, наблюдаемые в небесных телах; я постараюсь это сделать, когда, после настоящей дискуссии, я буду иметь честь представить на су Академии ту новую идею, которую я добавляю к системе Декарта и которая кажется мне наиболее простой и естественной для устранения неясностей и для ответа на вопрос, поставленный Академией.

XV

Как мы видели, идея декартовых вихрей создает ряд крупных затруднений, но нужно признать, что многим идеям знаменитых философов тоже присущи затруднения, но что эти затруднения только кажущиеся и легко устраняются при разумной постановке вопроса. Действительно, разве не разумно ответил ученый г-н Сорен в Мемуарах Академии за 1709 г. на возражения Гюйгенса относительно тяготения? Гюйгенс утверждал, что если бы небесное вещество передвигалось вблизи земли в одном направлении со скоростью, которая, согласно его расчету, значительно превышает скорость суточного вращения земли вокруг ее оси, то было бы невозможно, чтобы все тела, находящиеся на поверхности земли, не увлекались бы движением небесной материи, чего на самом деле не происходит. Причина, которую Сорен приводит для объяснения, почему это быстрое движение не ощущается на земле и не увлекает тел, находящихся на ее поверхности, мне кажется настолько убедительной, что лучшей и более доказательной нельзя и придумать.

Перехожу к другому возражению, которое мне кажется тем более серьезным, что его хотели основать на геометрическом доказательстве. Оно принадлежит знаменитому Ньютону, который с своих *Principes de la Phil. natur.* выдвинул два предложения (51 и 52 второй книги), которыми он хочет доказать невозможность вихрей. Не говоря уже о разумном ответе Сорена, который приведен в конце его упомянутой статьи, я нахожу, что рассуждения Ньютона — явный софизм и построены на двух одинаково неверных предположениях. Ход его рассуждений таков: сначала он допускает существование однородной и бесконечной жидкости в состоянии покоя, в которой он заставляет вращаться цилиндр и шар вокруг их осей. Он мысленно разделяет эту жидкость на бесконечный ряд слоев разной и бесконечно малой толщины, причем все они параллельны поверхности цилиндра или шара. Вращаясь, эта поверхность непрерывно нажимает на первый смежный с нею слой и постепенно вовлекает его в свое движение; этот первый слой приводит в движение второй, второй — третий и т. д. в последовательном порядке; каждый слой своим трением увлекает смежный с ним нижний, и, наконец, значительная часть жидкости приобретает нечто вроде вихревого движения, вращаясь на каждом расстоянии с постоянной скоростью, соответственно удалению от оси цилиндра или шара. Чтобы определить период обращения каждого слоя, Ньютон рассматривает эти слои как твердые и имеющие небольшую равную толщину, как я уже говорил выше. Далее он говорит следующее: (см. стр. 375 последнего издания) «так как жидкость однородна, то взаимодействия слоев друг на друга (по предположению) будут пропорциональны их перемещениям друг по другу и величине тех поверхностей, по которым взаимодействия происходят. Если усилие, приложенное к выпуклой поверхности слоя, будет больше или меньше усилия, приложенного к вогнутой, то большее усилие будет преобладать и движение слоя будет ускоряться или замедляться, ибо в каждом месте оно направлено или в сторону движения или же в сторону противоположную. Так как всякий слой сохраняет свое равномерное движение, то оба усилия должны быть между собою равны и направляться в противоположные стороны, но так как эти усилия пропорциональны поверхностям соприкосновения и их относительным друг по другу скоростям (умноженным на расстояние до оси), то разности этих скоростей должны быть обратно пропорциональны расстояниям (квадратам расстояний) соответствующих слоев до оси и т. д.»

В последних строках этого рассуждения, в сущности повторяющих только первые строки, содержится ошибка. Во-первых, нажатия, которые слои оказывают один на другой, состоят из сопротивления, вызванного трением при отрыве выпуклой поверхности одного слоя от вогнутой поверхности смежного слоя; но мы знаем, что это сопротивление зависит исключительно от силы, с которой одна поверхность прижимается к другой, а вовсе не от величины или протяженности поверхности соприкосновения. На этот счет мы имеем превосходное исследование покойного Амонтона, опубликованное в Мемуарах Академии за 1699 г.; здесь на стр. 212 говорится: *что сопротивление, вызванное трением поверхностей различной протяженности, всегда одинаково, если поверхности загружены одинаково, или, что одно и то же, — если давления равны.* Однако Ньютон рассматривает только протяженность слоев и относительную скорость, с которой они разъединяются, не обращая внимания на количество давления, которым каждый слой прижимается к смежному. Во-вторых, Ньютон совершенно пренебрегает действием рычага, которое учитывать здесь безусловно необходимо, так как очевидно, что одна и та же сила, приложенная в направлении касательной к окружности большого колеса, будет гораздо действеннее вращать его, чем тогда, когда она приложена к окружности малого радиуса. Почему же Ньютон, который рассматривает эти слои, как ряд твердых колес, вращающихся вокруг общей оси, не учитывает влияния расстояния от центра, которому подчинены силы трения в слоях, для того чтобы правильно определить их количество движения (*momentum*) или эффективную силу? Почему он не учитывает также количества давления, которое выдерживает каждый слой? Потому что без давления слои только скользили бы один по другому без всякого трения, как это выявили опыты Амонтона.

XVIII

Вот две ошибки, и трудно понять, каким образом они ускользнули от прозорливости столь великого математика, и еще более удивительно, почему его усердные сторонники так долго не обнаружили их и сохранили их в трех последовательных изданиях трудов Ньютона, вышедших в Англии через большие промежутки времени. Посмотрим, как можно исправить эту двойную ошибку. С этой целью я в следующих пунктах привожу разрешение обоих предложенных вопросов, и пусть судят, насколько мне это удалось.

Ясно, что каждый слой жидкости, находящийся между двумя соседними слоями, для того, чтобы он мог вращаться с равномерной скоростью, должен получить для продвижения вперед и ускорения столько способности к действию, благодаря трению об нижний слой, сколько он получает ее для замедления в обратном направлении трением о верхний слой; так что, поскольку уменьшение скорости постоянно восполняется равными увеличениями, слой сохраняет равномерное вращение.

Что же вызывает эти два равных и противоположных друг другу эффекта? Это, без сомнения, сила трения, которую испытывает каждый слой в направлении вперед и назад под действием двух смежных, верхнего и нижнего, слоев. Но откуда появляется при трении эта сила, раз ни одно соприкосновение поверхностей, ни относительная скорость, с которой они отделяются друг от друга, как бы она ни была велика, не производят еще никакой силы? Итак, вот откуда я вывожу эту силу. В то время как слой вращается, очевидно, что он постоянно стремится расшириться благодаря центробежной силе, с которой все части его стремятся удалиться от центра вращения, но так как фактическому расширению мешает соседний верхний слой, естественно, что последний испытывает давление. Вот таким-то образом первый, или самый нижний слой, будучи приведен во вращение, давит на второй, второй с помощью первого на третий, этот с помощью предыдущих двух на четвертый и так от слоя к слою на всем протяжении вихря. Откуда следует, что для того, чтобы определить количество давления, оказываемого каждым слоем на вогнутую поверхность следующего слоя, нужно взять центробежную силу не только материи одного смежного нижнего слоя, но и всех предыдущих, раз последний из этих слоев должен всегда испытывать общее воздействие центробежной силы, приобретенной всей материей жидкости, находящейся при вращении ниже его¹.



¹ Далее следует 32 параграф, излагающий математическую теорию вихрей, общие принципы которой изложены в приведенном выше отрывке.
Прим. ред.

РОЖЕР ИОСИФ БОСКОВИЧ
ТЕОРИЯ ФИЛОСОФИИ ПРИРОДЫ, СВЕДЕННАЯ
К ЕДИНОМУ ЗАКОНУ СУЩЕСТВУЮЩИХ
В ПРИРОДЕ СИЛ

1758 г.

ROGERIO JOSEPHO BOSCOWICH
PHILOSOPHIAE NATURALIS THEORIA REDUCTA AD UNI-
CAM LEGUM VIRIUM IN NATURA EXISTENTIUM ¹

В противоположность картезианским идеям, одним из виднейших предшественников которых в XVIII в. являлся И. Бернулли (см. выше), в работах Босковича находит свое выражение самая крайняя точка зрения ньютоновской школы — чистый динамизм, сводящий материю к непротяженным центрам сил.

К ЧИТАТЕЛЮ

Книга Босковича состоит из следующих частей.

Общий обзор книги (синопсис)

I часть. Изложение теории, ее аналитический вывод и защита.

II часть. Применение теории к механике.

III часть. Применение теории к физике.

В настоящем сборнике приводятся первые 30 параграфов I части, в которых излагаются принципиальные основы теории Босковича.

(Стр. 62)

... Я убежден, что всякий, кто глубже вникнет в мою теорию и внимательно вдумается в ход дедукции, убедится, насколько в исследованиях данного рода я пошел дальше, чем некогда мечтал сам Ньютон. В последней главе «Оптики», приведя все, что может быть объяснено силой притяжения и силой отталкивания, которая с изменением расстояния начинает заменять силу притяжения, Ньютон добавляет: «Если, однако, все это так, то вся природа должна быть проста и однородна и должна, разумеется, выполнять все огромные передвижения небесных

Перевод с латинского сделан по изданию 1759 г. Vienna Austriae.

тел с помощью притяжения тяготения, каковое притяжение действует между всеми небесными телами взаимно; почти все меньшие движения своих частиц природа осуществляет с помощью силы притяжения и отталкивания, которая действует между частицами взаимно». Несколько ниже Ньютон, трактуя о первообразных частицах, говорит: «Далее я думаю, что эти первообразные частицы не только таят в себе силу инерции, но и те пассивные законы движения, которые неизбежно рождаются из этой силы; движение же они получают от некоторых действительных начал, которые, конечно, суть тяготения; причина ферментации и сцепление между телами. Но эти начала я рассматриваю не как скрытые качества, якобы рождающиеся из специфических форм вещей, но как всеобщие законы природы, которые сами образуют вещи. Сами явления природы показывают, что такие начала действительно существуют, хотя никто еще не разъяснил, какие им следует приписывать причины. Утверждать, что отдельные виды вещей обладают специфическими скрытыми качествами, благодаря которым они в действительности обладают определенной силой, значит не сказать ничего. Но вывести из явлений природы два или три общих начала движения и объяснить, каким образом свойства и действия всех вещественных тел выводятся из этих начал, было бы для философии крупным шагом вперед, хотя бы сами причины этих начал и не были известны. Поэтому я без всякого колебания предлагаю принять вышеназванные начала движения, ибо они с полной очевидностью выявляются во всей природе».

Таким образом Ньютон, за которым надлежит признать заслугу больших достижений в области философии, сводит объяснение всех явлений к двум или трем общим началам движения, выведенным из явлений природы, и выдвигает эти начала, различные между собой, признавая, что они могут объяснить явления природы только частично. Но может быть эти три начала, а также и некоторые другие, как, например, непроницаемость и импульс, можно свести посредством надлежащих умозаключений к единому началу? Тот, кто внимательно ознакомится с конспектом всего моего труда, предлагаемым ниже, убедится, что именно к этому ведет мой единый и простой закон сил; еще яснее это станет тому, кто внимательно изучит самый трактат.

Часть I

ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ, ЕЕ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ВЫВОД И ЗАЩИТА

(Стр. 1—14).

I. Излагаю теорию взаимодействующих сил, к разработке которой я приступил уже с 1745 г., дабы выяснить на основании

общезвестных принципов, как одна вещь возникает из другой; из моей теории я вывел состав простых элементов материи, построив систему, среднюю между системами Лейбница и Ньютона, и хотя имеющую много общего с той и другой, однако во многом отличающуюся от обеих; эта система неизмеримо проще тех двух и удивительно удобна для точнейших доказательств почти всех общих свойств тел, а также тех специальных свойств, которые присущи некоторым особым телам.

II. Из теории Лейбница я заимствую первичные элементы, простые и совершенно непротяженные; из системы Ньютона — взаимодействующие силы, которые изменяются при изменении расстояний между точками; от Ньютона же я заимствую силы, которые заставляют точки сближаться и обыкновенно называются силами притяжения, а также силы, понуждающие точки расходиться и именуемые силами отталкивания. Там, где с изменением расстояния кончается притяжение, начинается отталкивание, и обратно, как это неоспоримо доказал Ньютон в последнем вопросе своей оптики, иллюстрировав свое положение на примере перехода от положительных величин к отрицательным, какой выявляют нам формулы алгебры. С обеими вышеназванными системами моя система имеет то общее, что я призываю, что любые материальные точки соединяются с другими точками, расположенными как угодно далеко, так, что при малейшем изменении положения одной из точек во всех остальных зарождаются импульсы к движению, и если случайно все эти импульсы не окажутся взаимно противодействующими, — каковой случай бесконечно мало вероятен, — то во всех точках возникнет некое движение.

III. С теорией Лейбница моя теория расходится весьма значительно, поскольку она не допускает никакой непрерывной протяженности, возникающей из соприкосновения смежных непротяженных частей. В этом и заключается затруднение, которое в древности ставили в упрек Зенону и которое теперь уже достаточно разрешено или же разрешимо с помощью понятия взаимопроницаемости (*compnematatio*) смежных непротяженных частей. Тем не менее упрек сохраняет всю свою силу против системы Лейбница. Моя теория допускает однородность первичных элементов и разъясняет все различие масс только различным расположением и различными сочетаниями частиц — к этой однородности первичных элементов и к различию масс ведет нас аналогия с природой и особенно данные химических исследований, которые при анализе сложных тел обнаруживают все меньшее число и все меньшее различие основных начал. Это указывает на то, что, чем дальше будет усугубляться анализ, тем большую он будет выявлять простоту и однородность, и в конце концов обнаружит высшую однородность и простоту. Против этого

принципа неразличимости первоэлементов, достаточно разумно обоснованного, по моему суждению, бессильны все доводы, выдвигавшиеся до сих пор школой Лейбница.

IV. Многим отличается моя теория и от теории Ньютона, например, в том, что Ньютон в последнем вопросе своей «Оптики» пытался объяснить тремя принципами: сцеплением, тяжестью и ферментацией. Моя теория, напротив, объясняет многое, ничуть не зависящее от этих трех принципов, единым законом сил, выраженным единой алгебраической формулой, не составленной из нескольких других формул, и единой геометрической кривой. Отличается моя теория и тем, что не допускает на минимальных расстояниях положительных связей, т. е. связей притяжения, как это делает Ньютон, но допускает отрицательные силы отталкивания, возрастающие до бесконечности при бесконечном уменьшении расстояний. Отсюда вытекает тот необходимый вывод, что в результате непосредственного контакта не возникает ни сцепления (*cohaesio*), которое я вывожу из совершенно других причин, ни некоего непосредственного математического контакта вещества, как я его называю. Это приводит нас к простоте и непротяженности первоэлементов, слагающихся в разнообразные фигуры, которые составлены из частиц, различных друг от друга, но специальных так прочно, что никакие силы природы не могут разрушить связи между ними и ослабить силы их сцепления (*adhaesio*). Поскольку силы нам вообще известны, эту силу сцепления можно признать абсолютно беспредельной.

V. До настоящего времени я изложил многое, относящееся к моей теории, в моих прежде вышедших исследованиях: *De Viribus vivis* (О живых силах), изд. 1745 г., *De Lumine* (О свете), изд. 1748 г., *De Lege Continuitatis* (О законе непрерывности), изд. 1754 г., *De Lege virium in natura existentium* (О законе сил, существующих в природе), изд. 1755 г., *De divisibilitate materiae et principiis corporum* (О делимости материи и об основных началах тел), изд. 1757 г., и в моих приложениях к стихотворному переводу Стаянковой философии (первый том вышел в 1755 г.). Ученейший Карол Бенвенутус, принадлежащий к нашему ордену, изложил мою теорию в своем «Общем конспекте физики» (изд. 1754 г.) (*Physicae generalis synopsis*) очень отчетливо и доказал ее широкую применимость ко всем областям физики. В этом своем конспекте он приводит мой вывод равновесия двух масс, на которые действуют параллельные силы; согласно моей теории, это равновесие является естественным следствием известного закона сложения сил и равенства действия и противодействия. Об этом я упоминал в своих «Приложениях» § 4 (к книге 3), а также в своем исследовании

о «Центре тяжести» (De Centro gravitatis); говоря о центре качания, я коснулся нескольких главнейших методов других ученых, которые определяют его из некоторых второстепенных принципов. Там же, трактую о центре равновесия, я утверждаю следующее: «В природе не существует жестких, негибких стержней, не обладающих никакой тяжестью и инерцией, не существует и законов, для них созданных, но если овести вопрос к подлинным и простейшим природным началам, то окажется, что все зависит от сложения сил, которыми частицы материи взаимодействуют друг на друга; из этих сил вытекают все явления природы». Изложив там же методы других ученых для определения центра качания, я обещал исследовать в IV томе той же философии на основании природных законов, является ли центр равновесия в то же время центром качания.

VI. Так как мне уже раньше представился случай исследовать вопрос о центре качания на основе моих принципов, то настоянию Шерфера, члена нашего ордена, я далее разработал очень простую и изящную теорему сравнения сил трех масс, взаимодействующих друг с другом, которая, может быть именно благодаря своей простоте, ускользнула от внимания механиков. Если же она и была открыта и даже опубликована кем-нибудь другим, что весьма возможно, то мне об этом до настоящего времени ничего не известно. Эта теорема естественно разъясняет все относящееся к равновесию, ко всякого рода связям, к изменению моментов для машин, к центру качания (в случае, когда боковое качание происходит в плоскости, перпендикулярной к оси качания) и, наконец, к центру удара; открывается также путь для дальнейших более углубленных исследований. Я намеревался издать эту теорему в виде краткого исследования с соответствующими выводами и привести краткое резюме моей теории, но этот небольшой труд вскоре разросся в пространное систематическое изложение теории; попутно я защищаю ее и даю ее приложение, сначала к механике, потом — более широко — к физике; я добавляю наиболее достойные упоминания из моих прежних исследований в надлежащей последовательности, добавляю и много нового, что пришло мне на мысль во время писания, когда я перерабатывал в уме весь накопившийся материал.

VII. Первичными элементами материи я признаю точки, совершенно неделимые и непротяженные, рассеянные в бесконечной пустоте так, что каждые две точки отстоят друг от друга на известном расстоянии, которое может бесконечно возрасти или бесконечно уменьшиться, но не может полностью уничтожиться без взаимопроникновения точек: ибо я не считаю возможным их прикосновение, но при этом считаю несомненным, что если

расстояние между двумя точками равно нулю, то обе они должны занимать одну и ту же неделимую точку пространства в его обыкновенном понимании, и что взаимопроникновение их должно быть полным. Поэтому я не допускаю никакой пустоты внутри материи, но считаю, что материя рассеяна в пустоте и плавает в ней.

VIII. Я допускаю, что эти точки обладают стремлением пребывать в том же состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, в направлении, какое им однажды было придано, если эти точки существуют в природе в одиночку; если же в других местах существуют другие точки, то они должны соединяться, согласно известному общему способу сложения сил и движений, по закону параллелограмма, слагая предшествовавшие движения с движением, обусловленным взаимодействием сил. Последнее я признаю зависящим от расстояния между двумя точками и изменяющимся при его изменении в согласии с законом, общим для всех юил. Приведенное выше определение характеризует силу, которую мы называем силой инерции; я не задаюсь целью исследовать, установлена ли она верховным законом творца или зависит от самой природы точек, или же от какого-либо привходящего их свойства, и не надеюсь узнать это, даже если бы захотел углубиться в этот вопрос. То же самое скажу о законе сил, к которому теперь перехожу.

IX. Я считаю, что любые две материальные точки стремятся на одних расстояниях взаимно сблизиться, на других — взаимно разойтись, и это стремление я называю силой, в первом случае притягивающей, во втором — отталкивающей, причем этим названием я обозначаю не род действия, а само стремление, откуда бы оно ни происходило. Величина этой силы изменяется в зависимости от расстояний по известному закону, который можно наглядно изобразить геометрической кривой или алгебраической формулой, как это принято в механике. Пример взаимодействующей силы, зависящей от расстояния, изменяющейся вместе с ним и сказывающейся как на огромных, так и на малых расстояниях, мы имели во всемирном тяготении Ньютона, изменяющемся обратно пропорционально второй степени расстояния. Оно никогда не может перейти из положительного в отрицательное или из притягивающего в отталкивающее, так как нигде его стремление к сближению не переходит в стремление к расхождению. В упругих сжатых стержнях (elastis) мы видим образец такой взаимодействующей силы, изменяющейся в зависимости от расстояний и переходящей от стремления к расхождению в стремление к сближению и обратно. Если мы будем сближать заостренные концы стержня, сжимая его, то в остриях возникнет стремление к расхождению, тем более сильное, чем

меньше будет расстояние между ними при сжатии упругого стержня. При увеличении расстояния между остриями стремление к расхождению уменьшается, пока, на известном расстоянии, не сойдет на-нет и не сравняется с нулем. Если расстояние будет продолжать возрастать, то начнется стремление к сближению, которое непрерывно будет возрастать тем сильнее, чем дальше будут расходиться острия; если же расстояние между остриями начнет непрерывно уменьшаться, то стремление к сближению будет убывать, сойдет на-нет и перейдет в стремление к расхождению. Эти стремления вызываются не непосредственно воздействием заостренных концов друг на друга, но природой и формой всей промежуточной части сгибаемого стержня. Я не буду задерживаться на физических свойствах этого явления, так как привел только пример стремления к сближению и расхождению, которое при различных расстояниях имеет различную силу и переходит из одной формы в другую.

X. Закон сил гласит, что при малых расстояниях силы являются отталкивающими и возрастающими до бесконечности при бесконечном уменьшении расстояний; раньше, чем расстояние окончательно сойдет на-нет, силы отталкивания становятся настолько большими, что способны уничтожить скорость, с которой одна точка стремится приблизиться к другой, как бы эта скорость ни была велика. При увеличении расстояния силы отталкивания убывают, и притом так, что на некотором очень небольшом дальнейшем возрастании расстояния силы переходят в притяжение, сначала возрастающее, затем убывающее, затем сходящее на-нет и снова переходящее в отталкивание. Это отталкивание в том же порядке возрастает, убывает, сходит на-нет и снова переходит в притяжение; и так продолжается попеременно на многих расстояниях, до сих пор, однако, очень небольших. Наконец, когда расстояния становятся гораздо больше, силы начинают становиться неизменно притягательными и обратно пропорциональными квадратам расстояний, хотя бы эти расстояния возрастали до бесконечности или, по крайней мере, до расстояний, значительно превышающих расстояния между всеми планетами и кометами.

XI. Закон такого рода кажется на первый взгляд довольно сложным и составленным из нескольких различных законов, бессистемно связанных один с другим, но он весьма прост и совершенно целостен, если выразить его единой непрерывной кривой или простой алгебраической формулой, как я уже указывал выше. Такая кривая чрезвычайно пригодна для наглядного изображения закона и не требует санкции геометра; достаточно внимательного рассмотрения ее, как мы рассматриваем, напри-

мер, вещи, изображенные на какой-нибудь картине, и мы сможем усмотреть из нее те основные свойства сил, о которых говорилось выше. У этой кривой то, что геометры называют абсциссами, т. е. отрезки оси, к которой отнесена кривая, выражают взаимное расстояние между двумя точками, а так называемые ординаты, т. е. перпендикуляры, проведенные от оси до кривой, изображают силы. Там, где ординаты лежат по одну сторону оси, они изображают силы притяжения, а там, где лежат по другую сторону, — силы отталкивания. Приближение или удаление кривой от оси обозначает уменьшение или возрастание сил; в точках, где кривая пересекает ось и переходит с одной стороны на другую, силы переходят из притяжения в отталкивание и обратно. Там же, где дуга кривой приближается к прямой линии, перпендикулярной к оси и продленной до бесконечности, все ближе и ближе и, наконец, беспредельно близко, нигде, однако, не сливаясь с нею, т. е. там, где дуга, по терминологии геометров, асимптотическая, там и самые силы возрастают до бесконечности.

XII. Кривую такого рода я показал и пояснил в моих исследованиях «О живых силах» в § 51, «О свете» в § 5, «О законе сил, существующих в природе» в § 68, а в своем конспекте общей физики патер Бенвенутус привел ее в § 108. Рис. 69 дает

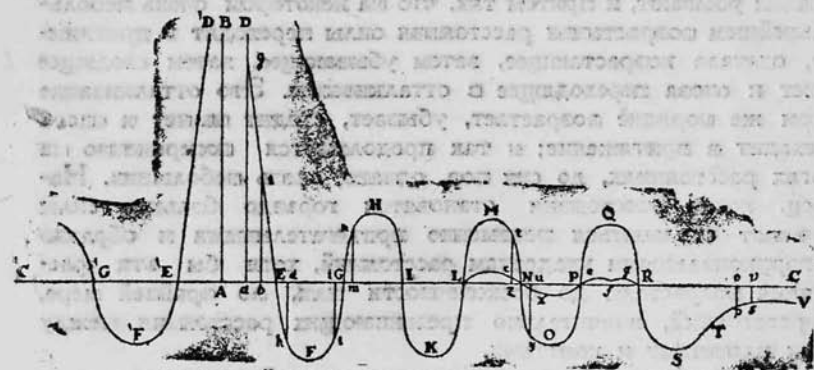


Рис. 69

о ней краткое представление. На оси CAC от точки A проведена прямая линия AB , являющаяся асимптотой к кривой; уходящая в бесконечность, около которой проходят две ветви кривой, равные и подобные; одна из ветвей $DEFGHIKLMNOPQRSTU$ в своей начальной части имеет форму асимптотической дуги ED , которая, конечно, будучи бесконечно продлена претвще всяких пределов, все ближе и тоже беспредельно приближается к прямой AB без того, чтобы когда-либо слиться с нею. Отсюда кривая постоянно

отходит от прямой в направлении DE , так же как удаляются от прямой и все остальные дуги, направленные к V , без того чтобы где-нибудь отход перешел в приближение. Сначала кривая непрерывно приближается к оси CC , пока не дойдет до нее в точке E , затем, пересекши ось, продолжает удаляться от нее вплоть до некоторого расстояния F , после чего удаление от оси переходит в приближение до нового пересечения с нею в точке G . Таким порядком кривая, изгибаясь, вьется около оси, пересекаясь с нею в длинном ряде точек. На рисунке показано, однако, только несколько точек пересечения, а именно I, L, N, P, R . Наконец, дуги переходят в ветвь $TrpV$, лежащую относительно оси на стороне, противоположной первой ветви. Асимптотой для этой второй ветви является ось (CC —Перев.), к которой она приближается таким образом, что ее расстояния от оси обратно пропорциональны квадрату расстояний от прямой линии AB .

XIII. Если мы из какой-либо точки оси a, b, d проведем перпендикуляры ag, bt, dh до кривой, то отрезки оси Aa, Ab, Ad , будут называться абсциссами и будут изображать взаимные расстояния между какими-либо двумя материальными точками; перпендикуляры ag, bt, dh называются ординатами и изображают силу притяжения или отталкивания, смотря по тому, расположены ли они относительно оси в сторону D или в обратную.

XIV. Ясно, что при такой форме кривой ордината ag возрастет вне всяких пределов при таком же беспредельном уменьшении абсциссы Aa ; при возрастании абсциссы до Ab ордината уменьшается до bt и будет все больше уменьшаться при приближении b к E , где она сходит на-нет. При дальнейшем увеличении абсциссы до Ad ордината меняет свое направление, переходя в dh , и сначала продолжает возрастать в обратную сторону до F , затем уменьшается до il и дальше до G , где сходит на-нет; потом она снова меняет свое направление на первоначальное, т. е. mn . Такое изменение направления происходит во всех точках пересечения I, L, N, P, R , после чего ординаты принимают постоянное направление op, vs и убывают обратно пропорционально второй степени абсцисс AO и Av . Отсюда явствует, что кривые такого рода выражают силы, сначала отталкивающие и бесконечно возрастающие при уменьшении расстояний, затем постепенно сходящие на-нет и переходящие в притягивающие с изменением своего направления, чтобы снова сойти на-нет; и так попеременно, пока на достаточно большом расстоянии они не станут притягательными и обратно пропорциональными второй степени расстояний.

XV. Такой закон сил отличается от ньютонова закона тягот

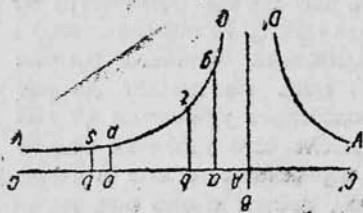


Рис. 70

тения формой и повседнеием выражающей его кривой; как усматривается из рис. 70, кривая, согласно Ньютону, является гиперболой третьего порядка, полностью лежащей по одну сторону оси, которую она нигде не пересекает. Все ординаты vs , or , bt , ag расположены на стороне

притяжения и нигде не переходят из положительного в отрицательное значение, т. е. из притяжения в отталкивание и обратно. Это выражается самой формой кривой, имеющей две асимптотических ветви, в отдельности уходящие в бесконечность. Все общие и главнейшие особые свойства тел я вывожу из такого закона сил и из известнейших принципов механики, а также и того, что каждая сила и каждое движение образуются из нескольких сил и движений, слагающихся по закону параллелограмов, чьи стороны выражают составляющие силы и движения. Эти же силы вызывают в отдельных точках, в отдельные равные малые моменты времени, скорости или движения, пропорциональные им самим. Как уже было указано выше, я утверждаю, что общие свойства тел вытекают не из каких-либо особо присущих им качеств, а из различных комбинаций, и развиваю эти комбинации, доказывая геометрически, какие явления и какие виды тел должны возникать из той или другой комбинации. Раньше чем пространно изложить это во второй и третьей частях, я излагаю в этой первой части, каким образом и по каким положительным причинам я пришел к моему закону сил и как я извлек из него идею простоты первоэлементов в материи, устраняя те неясности, которые прежде казались свойственными этой идее.

XVI. Когда я в 1745 г. писал свое исследование о живых силах, я построил все положения, которые строились на живых силах, как представляет их себе Лейбниц, и большинство положений, сводившихся к измерению живых сил одной только скоростью, непосредственно на самой скорости, вызванной, согласно идее, общепризнанной в механике, действием сил, порождающих или каким-то образом вызывающих скорости, пропорциональные самим этим силам, а также малым долям времени, в течение которых силы действуют. Такими силами являются тяжесть, упругость и разные другие силы того же рода. Тогда же я начал более углубленно исследовать самый процесс возникновения скорости, которую некоторые признают возникающей из импульса, причем полная скорость возникает в одно мгновение времени; так полагают те, кто признает силу удара бесконечно превышающей всякие другие силы, оказывающие давление

в отдельные моменты. И тотчас же меня озарила мысль, что такого рода удары, порождающие в мгновение времени скорость, обладающую конечной величиной, должны действовать по определенным законам.

XVII. Мне тогда же стало ясно, что если смотреть на вопрос с более широкой точки зрения и пользоваться правильным методом рассуждения, то порядок действия, указанный выше, придется признать несогласным с природою, которая, разумеется, везде повинуетя одному и тому же закону сил и одному, и тому же поводу к действию; непосредственной передачи импульса одного тела другому и непосредственного удара не может произойти без образования в неделимый момент времени некоей конечной скорости и притом, без скачка и без нарушения так называемого закона непрерывности; закон же этот в природе существует, что я считаю доказуемым достаточно вескими причинами. Это свое рассуждение, к которому я впервые пришел в то время, я подтвердил и иллюстрировал разными другими новыми мыслями.

XVIII. Представим себе два одинаковых тела, движущихся в направлении к одной и той же цели. Пусть тело, движущееся впереди, обладает степенью скорости 6, а следующее позади — степенью 12. Если заднее тело, двигаясь с неизменной скоростью, придет в непосредственный контакт с передним телом, то необходимо, чтобы в тот момент, когда произойдет контакт, заднее тело уменьшило свою скорость, а переднее — увеличило, и притом скачком, первое с 12 на 9, а второе с 6 на 9, без всякого перехода через промежуточные степени 11 и 7, 10 и 8, $9\frac{1}{2}$ и $8\frac{1}{2}$ и т. д. Но этого произойти не может, потому что в какую угодно малую частицу непрерывного времени переход совершается в продолжение контакта через промежуточные степени. Если, стало быть, в какой-нибудь момент одно тело будет иметь уже скорость 7, а другое еще будет сохранять скорость 11, то за весь малый промежуток времени, истекший с начала контакта, когда скорость равнялась 12 и 6, до момента, когда они стали равны 11 и 7, второе тело должно будет двигаться со скоростью большей первого и пробежать большее расстояние, чем первое, а потому его поверхность должна будет забежать за пределы задней поверхности первого тела, и, стало быть, произойдет взаимопрокиновение какой-то части заднего тела с какой-то частью переднего тела. Но это невозможно, потому что, по всеобщему признанию физиков, материи свойственна непроницаемость. Необходимо поэтому, чтобы в самом начале контакта, в тот неделимый момент времени, который лежит между предшествовавшим непрерывным временем и последующим и является неделимым пределом (так же как в геометрии точка есть

неделимый предел между двумя отрезками непрерывной линии), произошло изменение скоростей скачком, без перехода через промежуточные степени, с полным нарушением закона непрерывности, который безусловно не допускает перехода от одной величины к другой, минуя промежуточные стадии. То, что мы изложили касательно двух одинаковых тел, которые оба непосредственно переходят к 9-й степени скорости, относится ко всякому переходу самих этих тел, а также к переходу других неодинаковых тел к каким угодно величинам скорости. Конечно, избыток скорости заднего тела на 6 степеней должен уничтожиться в один момент времени: либо скорость сначала возрастет, а затем уменьшится в следующий момент, либо сначала уменьшится, а затем возрастет, но все это вообще не может происходить без скачка, который возможен только с минованием бесконечного числа промежуточных степеней скорости.

XIX. Некоторые полагают, что можно устранить всякие затруднения с помощью утверждения, что так именно и должно было бы быть, если бы существовали твердые тела, не испытывающие никакого сжатия и никакого изменения своей формы. Но так как тела такого рода многими совершенно исключаются из природы, то при соприкосновении двух шаров проникновение и сжатие частей может привести к тому, что в обоих телах скорость изменится, пройдя через все промежуточные степени. Таким образом увертываются от силы моей аргументации.

XX. К такому возражению не прибегают, однако, те, кто, как Ньютон и большинство древних философов, признает первоэлементы материи совершенно твердыми и плотными, обладающими бесконечным сцеплением и абсолютной неспособностью к изменению формы. Эти твердые и плотные первоэлементы присутствуют и в передней части второго тела и в задней части переднего, которые, конечно, непосредственно соприкасаются, и моя аргументация сохраняет свою полную силу.

XXI. Далее, конечно, трудно уразуметь, почему бы крайним частям у поверхности не быть абсолютно твердыми и совершенно неподдающимися сжатию. В материи, если она обладает непрерывностью, наблюдается и должна наблюдаться бесконечная делимость, но допущение фактической бесконечной делимости влечет за собой совершенно неразрешимые трудности, и тем не менее в этой идее бесконечной делимости нуждаются и те, кто не допускает существования в телах частиц сколько угодно малых, совершенно лишенных сжимаемости и неспособных к ней. Они должны, однако, допустить, что всякая частица существует как таковая, потому что отделена от смежных промежуточными порами и сама посредством пор делится ими на различные части, как бы перегородками. Конечно, совершенно непонятно, почему

бы там, где пространство переходит от пустоты к телесности, не быть какой-то сплошной перегородке определенной толщины, доходящей до первой поры и не имеющей пор в себе; непонятно также, почему бы там, где кончается телесность, не быть какой-то последней поре, ближайшей к наружной поверхности, которая, если она существует, должна, конечно, иметь перегородку, лишенную пор и неспособную к сжатию. Здесь опять-таки аргументация, приведенная выше, сохраняет свою полную силу.

XXII. Моя аргументация приобретает полную силу, если мы допустим вполне понятную идею первой и последней поверхностей соприкосновения тел, или, если соприкасаются не поверхности, то линии или точки соприкосновения. Ибо в чем бы ни происходило соприкосновение, всегда должно существовать нечто, дающее непроницаемости возможность выделиться и заставляющее скорость тела, движущегося позади, убывать, а скорость переднего тела возражать. Но чем бы ни было то нечто, в чем проявляется сила непроницаемости, скорость, конечно, должна измениться скачком, без перехода через промежуточные степени, и закон непрерывности должен быть нарушен и поколеблен, если непосредственный контакт произойдет при указанной выше разнице скоростей. Несомненно, есть нечто разумное во всех тех идеях, которые приписывают материи непрерывную протяженность. Конечно, для каждого тела существует некое реальное состояние и крайним его пределом является, разумеется, реальная поверхность, так же как реальным пределом поверхности является линия, а реальным пределом линии — точка. Те состояния, которые приписываются телам, неотъемлемы от этих тел и не являются вымышленными, но вполне реальны, так как всегда имеются те или иные реальные измерения, например, у поверхности два, у линии одно. Реальны также и движения и передача их телам, которым приписываются те или иные состояния или виды состояний.

XXIII. Некоторые говорят, что не может происходить никакого скачка там, где не признается никакого движения и никакой поверхности, линии или точки, т. е. там, где не признается никакой массы. Движение, — говорят они, — согласно законам механики, измеряется массой, умноженной на скорость, масса же есть поверхность основания, умноженная на толщину или высоту, как, например, в призмах. Чем меньше толщина, тем меньше масса и движение, и когда толщина сходит на-нет, сходят на-нет и масса и движение.

XXIV. Конечно, тот, кто рассуждает так, играет словами. Массой обычно называют количество материи, а движение тел измеряют их массой и скоростью. Понятие геометрического количества обнимает три вида количеств: твердое тело с тремя

измерениями, поверхность с двумя измерениями, линию с одним измерением; пределом же линии является точка, не имеющая ни измерений, ни протяженности. Так же и в физике всеми признается: тело, обладающее свойствами трехмерности, реальная поверхность, — крайний предел тела, обладающая двумя измерениями, линия — реальный предел поверхности, с одним измерением и неделимый предел линии — точка. Во всех случаях одно является пределом другого, но не его частью, и существует четыре различных вида. Поверхность не есть нечто телесное, но не ничто поверхностное (*nihil*), ибо все же имеет части и может возрастать и убывать; также и линия, в смысле поверхности, есть ничто, но она есть нечто в смысле линии. Так, наконец, и точка есть нечто в своем роде, хотя в смысле линии она есть ничто.

XXV. И здесь можно говорить о некоей массе с двух измерений, об одном измерении и, наконец, без всякого измерения, но с одним только числом точек, характеризующим количество этого рода. Если мы для единиц этого рода узурпируем общее название массы, то мы сможем определить количество движения как произведение скорости на массу; если же мы присвоим термин «масса» одним только телам, то мерой движения каждого тела будет масса, помноженная на скорость. Всякое же движение поверхности, линии или точки будет измеряться количеством поверхности, или линии, или числом точек, помноженным на скорость; всякий из этих видов будет обладать скоростью и будет четыре вида скорости, как имеются четыре вида количеств: тела, поверхности, линии, точки. И хотя каждое из этих количеств есть ничто в смысле другого количества, но в своем смысле оно есть нечто; точно так же и движение одного количества есть ничто в смысле движения другого количества, но в своем смысле оно есть нечто, а вовсе не чистое ничто.

XXVI. И тем не менее сами механики обычно приписывают движение и поверхностям, и линиям, и точкам; физики же говорят о движении центра тяжести, каковой центр есть также некая точка, а не трехмерное тело; между тем тот, кто ипрает словами, требует для измерения движения и для применения самого этого термина признака трехмерности. Далее при вышеописанных движениях наружных поверхностей, линий и точек, всегда должен происходить скачок, если они приходят в непосредственное соприкосновение при той разнице скоростей, какая была указана выше, и закон непрерывности должен нарушаться.

XXVII. Итак, если мы отбросим всякое исследование о понятии движения и массы и будем считать, что движение вызвано скоростью, то при исчезновении массы одно из трех измерений исчезнет, но останется скорость остающихся измерений, если практически сохранены измерения поверхности и скорость их

должна изменяться скачком, что нарушает закон непрерывности, столько раз уже упоминавшийся нами.

XXVIII. Все же совершенно очевидно, и не остается сомнения, что закон непрерывности должен нарушаться, и в природе должен возникать скачок, если тела сближаются и приходят в непосредственное соприкосновение с разницей скоростей и если телам свойственна непроницаемость, как оно на самом деле и есть. Эту непроницаемость все физики мира признают не только в целых телах, но и в мельчайших частицах тел. Конечно, нашлись люди, которые после оглашения моей теории, желая поколебать силу моей аргументации, утверждали, что после соприкосновения поверхностей мельчайшие частицы тел выявляют некое взаимопроникновение и после взаимопроникновения изменяют свои скорости в порядке постепенности. Легко доказать, что это противно индукции и аналогии, которыми мы пользуемся в физике и которые достойны изучаемых законов природы. Я изложу далее, в чем сила этой индукции и к каким вопросам она применима, ибо одним из этих вопросов является именно непроницаемость, распространяющаяся на мельчайшие частицы материи.

XXIX. Нашелся также оппонент из школы Лейбница, который после оглашения моей теории полагал, что можно устранить всякое затруднение, говоря, что две монады, движущиеся навстречу друг другу с любыми скоростями, равными и противоположными, продолжают двигаться после контакта без местного продвижения. Это продвижение, — говорил он, — есть ничто, так как оно измеряется пройденным пространством, а само пространство есть ничто. Движение же сохраняется и погашается постепенно, так как постепенно погашается энергия, с которой монады действуют друг на друга, задерживая друг друга. И здесь ведется игра с понятием «движения», которое применимо ко всякому измерению и действию и роду действия. Местное движение и скорость этого движения — вот те понятия, которыми я оперирую, и они-то и обрываются при скачке. Совершенно очевидно, что они были чем-то до контакта и после контакта в одно мгновение быстро изменились, но они не суть ничто, хотя бы даже чисто воображаемое пространство и было ничем. Реальные состояния движущегося тела обоснованы на самом характере его пространственного существования, а этот характер влечет за собой существование реальных соотношений расстояний. Что тела отстоят друг от друга дальше или ближе, что они движутся в пространстве быстрее или медленнее, не есть нечто только воображаемо различное, оно и реально различно, и здесь-то и происходит скачок в том случае, о каком я говорил выше.

¹ Ср. выше — Лейбниц, «Динамика», стр. 385, 386.

XXX. Лучший среди геометров и философов наших дней, Мак Лорен, исследуя столкновение тел, не нашел ничего, что могло бы сохранить и поддержать закон непрерывности при столкновении тел, совершающемся с непосредственным соприкосновением, и решил, что самый этот закон должен быть отменен, так как в указанном случае он полностью нарушается; об этом он писал в кн. 1 гл. 4 труда «Об открытиях Ньютона» (De Newtoni Compertis). Немало есть и таких, которые считают закон непрерывности бесполезным, как, например, знаменитый Мопертюи, прославившийся в журнале *République des Letres*; он признает этот закон нелепым и необъяснимым. При исследовании вопроса о столкновении тел Мак Лорен и я пришли к одному и тому же выводу: непосредственный контакт и импульс несовместимы с законом непрерывности, потому что в отношении импульса и непосредственного контакта не может быть сомнения, что они не следуют закону непрерывности и нарушают его (я даже не знаю, осмелился ли бы прежде кто-нибудь другой допустить полный и непосредственный контакт всех тел без сохранения промежуточного воздушного покрова обоих сталкивающихся тел).



ТРАКТАТ О ДИНАМИКЕ, В КОТОРОМ ЧИСЛО ЗАКОНОВ РАВНОВЕСИЯ И ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ СВЕДЕНО К МИНИМУМУ И ДАЕТСЯ НОВЫЙ СПОСОБ ВЫВОДА ЭТИХ ЗАКОНОВ, ТАК ЖЕ КАК И ОБЩИЙ ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ, ПРОИЗВОЛЬНЫМ ОБРАЗОМ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ДРУГ НА ДРУГА

1743 г.

JEAN LE ROND D'ALEMBERT

TRAITÉ DE DYNAMIQUE DANS LEQUEL LES LOIS DE L'EQUILIBRE ET DU MOVUEMENT DES CORPS SONT RÉDUITS AU PLUS PETIT NOMBRE POSSIBLE, ET DÉMONTRÉES D'UNE MANIÈRE NOUVELLE, ET OU L'ON DONNE UN PRINCIPE GÉNÉRAL POUR TROUVER LE MOUVEMENT DE PLUSIEURS CORPS QUI AGISSENT LES UN SUR LES AUTRES D'UNE MANIÈRE QUELOQUUE

Первое издание трактата вышло в Париже в 1743 г.; второе, дополненное — в 1758 г.; третье, посмертное издание (1796 г.), повторяет без изменения второе издание.

Трактат состоит из следующих частей:

- 1) Предисловие.
- 2) Часть 1. Общие законы движения и равновесия тел.
- 3) Часть 2. Общий принцип определения движения нескольких тел, произвольным образом действующих друг на друга.

Настоящий перевод сделан с третьего парижского издания, 1796 г.

В этом сборнике дается предисловие Даламбера к трактату.

(Стр. I—XXXII).

Достоверность математики является преимуществом, которым эта наука обязана главным образом простоте своего предмета. Необходимо даже признать, что ввиду того что не все области математики трактуют об одинаково простых вещах, подлинная достоверность, которая базируется на безусловно истинных и очевидных принципах, свойственна этим областям не в равной мере и не в одинаковой степени. Некоторые области математики, опирающиеся на физические принципы, т. е. на данные экспериментального опыта или на простые гипотезы, имеют, так сказать, только эмпирическую, а иногда даже чисто гипотетическую достоверность. В точном смысле слова, признак очевидности присущ только тем областям математики, которые трактуют об исчислении величин и об общих свойствах протяжения, т. е. алгебре, геометрии и механике. Однако и здесь степень ясности, с которой эти отрасли науки обращаются к нашему уму, имеет известные градации, или, если можно так выразиться, оттенки. Чем обширнее трактруемый предмет и чем обобщеннее и абстрактнее он рассматривается, тем свободнее его принципы от неясностей и тем легче они понимаются. По этой причине геометрия проще механики, и обе они менее просты, чем алгебра. Это не покажется парадоксальным тому, кто изучает науку с философским подходом. Наибольшая ясность свойственна именно наиболее абстрактным понятиям, которые кажутся обыкновенным людям менее доступными. Неясность овладевает нашими идеями, повидимому, тогда, когда мы прилагаем понятия к специальным предметам и исследуем те свойства их, которые доступны чувству; если мы хотим глубже проникнуть в природу этих предметов, то мы почти всегда убеждаемся, что мы с наименьшей полнотой постигаем именно их существование, которое опирается на сомнительные свидетельства наших чувств.

Из этих соображений явствует, что наилучшим методом разработки какой-либо области математики (можно даже сказать любой науки) является введение и применение максимума познаний, почерпнутых из наиболее абстрактных и поэтому наиболее простых наук; необходимо также рассматривать специальные объекты данной науки по возможности абстрактно и просто, без априорных предпосылок и без допущения каких-либо иных свойств данного объекта, кроме тех, которые допускает сама заинтересованная наука. Отсюда вытекают два преимущества: принципы приобретают наибольшую ясность, к какой только они способны, и сводятся к наименьшему количеству. Благодаря этому они видятся в смысле всеобщности, так как область

каждой науки строго ограничена, и принципы ее тем плодотворнее, чем их меньше.

Часть изложенной нами программы уже давно и с успехом стараются применить в математике: алгебру применяют к геометрии, геометрию к механике, и каждую из этих трех дисциплин — ко всем остальным дисциплинам, для которых они являются основой и фундаментом. Зато не слишком стремились к тому, чтобы свести принципы этих дисциплин к наименьшему количеству и придать им необходимую полную ясность. По моему мнению, в этом отношении больше других обездолена механика: поэтому большинство ее принципов, иногда неясных по существу, иногда неясно сформулированных и доказанных, давало повод к ряду щекотливых вопросов. До сих пор вообще старались скорее расширить здание, чем освещать его вход, а прежде всего при постройке здания не озаботились устройством для него достаточно устойчивого основания.

В настоящем труде я поставил себе задачу достигнуть двойной цели: расширить границы механики и создать к ней удобный подход, причем я, в известной мере, стараюсь достигнуть одного с помощью другого, т. е. я стремлюсь не только выводить принципы механики из наиболее ясных понятий, но и давать этим принципам новое применение; вместе с тем я доказываю ненужность целого ряда принципов, которые до сих пор применялись в механике, и выявляю, насколько выгодно для успеха науки объединение остальных принципов. Одним словом, сокращая число принципов, я хочу придать им более широкую применимость. Таковы были мои намерения при составлении трактата, который я теперь предназначаю на суд общества. Для того чтобы ознакомить читателя с теми средствами, с помощью которых я старался их осуществить, будет, может быть, нелишним высказать несколько критических суждений о той науке, за разработку которой я принимаюсь.

Первым и главным объектом механики являются движение и его общие свойства; механика предполагает существование движения, и мы также будем предполагать его допущенным и признанным всеми физиками. Зато, поскольку вопрос касается природы движения, мнения философов расходятся довольно сильно. Наиболее естественно, конечно, понимать под движением последовательное появление движущегося тела в различных частях того неопределенного пространства, которое мы считаем местом пребывания тел. Но эта концепция предполагает пространство, части которого признаются неподвижны; всем известно однако, что последователи Декарта (секта, почти исчезнувшая в настоящее время) не признают пространства, отдельного от тел, и что они считают пространственную протяжен-

ность и материю одним и тем же. Нужно признать, что, исходя из такого принципа, постичь движение чрезвычайно трудно и что для последователя Декарта удобнее просто отрицать существование движения, нежели пытаться определить его природу. Хотя мнение этих философов и кажется нам нелепым, а метафизические принципы, на которые они хотя и опереться, — неясными и неточными, мы не будем опровергать их здесь. Мы ограничимся только тем замечанием, что для того, чтобы создать себе ясное представление о движении, необходимо молчаливое допущение двух видов протяженности: один мы рассматриваем как непроницаемый и он составляет то, что в сущности называют телом; другой, который мы рассматриваем просто как чистое протяжение, не задаваясь вопросом, пронцаемо оно или нет, будет мерилом расстояния одного тела от другого, причем части его мыслятся как всегда неподвижные и позволяющие оценивать покой и движение тел. Поэтому мы считаем всегда допустимым рассматривать неопределенное пространство, как действительное и мысленно представляемое место пребывания тел, а движение — как переход движущегося тела с одного места на другое.

Исследование движения часто относят к области чистой геометрии; так, например, прямые и кривые линии иногда представляют себе возникшими благодаря непрерывному движению точки, поверхности — благодаря движению кривой, объемы — благодаря движению поверхности. Но между механикой и геометрией существует то различие, что для геометрии возникновение фигур из движения мыслится совершенно произвольным и является просто изящной формой представления, причем геометрию занимает в движении только пройденное пространство, тогда как механика учитывает и время, которое потребовалось для прохождения его.

Нельзя сравнивать две вещи, совершенно различные по своей природе, т. е. пространство и время, но можно сравнивать отношение друг к другу частиц времени с отношением друг к другу частиц пройденного пространства. Время, по самой своей природе, течет равномерно, и механика предполагает эту равномерность. Не зная самой сущности времени и не имея точного мерил для него, мы не можем яснее представить себе взаимного соотношения его частей, чем из сравнения с взаимным соотношением между частями какой-либо прямой линии. Но связь между отношением частей прямой линии и между отношением частей пространства, пройденного телом при каком-либо движении, всегда можно выразить уравнением. Поэтому можно представить себе кривую, абсциссы которой представляют промежутки времени, истекшие с начала движения, а соответству-

ющие ординаты — пройденные за это время пространства. Уравнение этой кривой выразит не отношение между промежутками времени и участками пространства, но, если можно так выразиться, соотношение между отношением частей времени к единице времени и отношением частей пройденного пространства к соответствующей единице. Уравнение кривой можно рассматривать либо как выражение отношения ординат к абсциссам, либо как уравнение между отношением ординат к их единице и отношением соответствующих абсцисс к той единице, которой они измеряются.

Поэтому совершенно ясно, что с помощью одной только геометрии и вычислений и не прибегая ни к каким другим принципам, можно определить общие свойства движения, совершающегося по определенному закону. Но почему движение тела подчиняется тому или иному особому закону? На этот вопрос одна геометрия ответить не может, и вопрос этот является первой проблемой, непосредственно относящейся к области механики.

Прежде всего мы видим очень отчетливо, что тело не может само придать себе никакого движения; из состояния покоя оно может быть выведено только действием какой-либо внешней причины. Но может ли тело самостоятельно двигаться дальше, или для его движения требуется повторное воздействие причины движения? К какому бы мнению мы в этом отношении ни склонялись, всегда останется неоспоримым, что раз мы допустили существование движения без привлечения какой-либо другой специальной гипотезы, простейшим законом, которому может подчиняться движущаяся частица при своем движении, является закон равномерности; поэтому движение и должно ему следовать, как будет подробно изложено в главе I настоящего трактата. Движение, стало быть, по своей природе, равномерно. Я охотно допускаю, что те доказательства, которые до сих пор приводились для этого принципа, не очень убедительны. Из моего труда усматриваются те трудности, на которые наталкиваются вышеупомянутые доказательства, и вырисовывается тот путь, по которому я шел, чтобы избежать этих затруднений. Положение, что равномерность является законом, присущим движению как таковому, дает, по моему мнению, одно из наилучших обоснований, на которое можно опереться при измерении времени равномерным движением. Поэтому я счел возможным не вдаваться в этом вопросе в детали, хотя, по существу, настоящие рассуждения могут казаться несколько чуждыми механике.

Когда установлено понятие *инерции*, т. е. свойство тел пребывать в состоянии покоя или движения, то ясно, что движение, которое, по крайней мере, в начале своего существования требует

причины, не может ускоряться или замедляться иначе, как под действием внешней причины. Каковы причины, могущие вызвать или изменить движение тела? Мы знаем только два вида таких причин. Одни выявляются одновременно с действием, которое они вызывают или, вернее, для которого они дают повод, — это те причины, которые возникают из видимого взаимодействия тел и из их непроницаемости. Они ограничиваются ударом (impulsion) и некоторыми другими вытекающими из него действиями. Все другие причины познаются только по их действию, и о природе их мы не имеем никакого представления. Такова, например, причина, которая вызывает падение тяжелых тел в направлении к центру земли, причина, удерживающая планеты на их орбитах, и т. д.

Мы скоро увидим, как можно определить действие удара и связанных с ним причин, причем мы будем придерживаться только причин второго рода. Ясно, что когда вопрос касается действия этого рода причин, действие всегда должно быть дано независимо от того, познаваема причина или нет, так как вывести из нее действие мы не можем. Так, например, мы знаем из опыта, — хотя причина тяготения нам и неизвестна, — что путь, пройденный падающим телом, пропорционален квадрату времени. Относительно неравномерных движений, причины которых неизвестны, очевидно, что действие, вызванное причиной за какой-либо конечный период времени или мгновенно, всегда должно быть выражено уравнением зависимости между временем и пройденным путем. Если это действие известно и если принять принцип инерции, то для исследования свойств движения этого рода достаточно геометрии и простого вычисления. Мы вполне можем обойтись без того принципа, которым в настоящее время пользуются повсеместно и который гласит, что ускоряющая или замедляющая сила пропорциональна элементу скорости; этот принцип опирается только на неопределенную и неясную аксиому, что действие пропорционально причине. Мы не будем исследовать, является ли этот принцип обязательной истиной, но только признаемся, что доказательства, приводившиеся до сих пор, не кажутся нам очень убедительными. Мы также не примем этого принципа в качестве чисто опытного постулата, как это делают некоторые геометры, так как это нарушило бы достоверность механики и низвело бы ее на степень чисто экспериментальной науки. Мы ограничимся только тем замечанием, что этот принцип, независимо от того, верен он или сомнителен, ясен или неясен, для механики бесполезен, а стало быть, подлежит исключению.

Мы до сих пор упоминали только об изменении, которое вызывается в скорости движимой частицы причинами, способными

изменить ее движение. Мы еще не исследовали, что должно произойти, если причина движения тела будет стремиться передвигать его в направлении, отличном от направления, которым данное тело уже обладает. Все, чему учит в данном случае принцип инерции, сводится к тому, что движущаяся частица может теперь стремиться лишь к описыванию прямой линии, и притом равномерно. Но это не позволяет узнать ни его скорости ни его направления. Поэтому мы вынуждены прибегать ко второму принципу, который называют принципом сложения движений и с помощью которого можно определить единственно возможное движение тела, стремящегося одновременно передвигаться в различных направлениях с заданными скоростями. В настоящем трактате приводятся новые доказательства этого принципа, причем я старался избежать всех тех затруднений, с которыми связаны доказательства, обычно приводимые в подтверждение этого принципа. При своих выводах я старался обходиться без большого количества сложных предпосылок, так как данный принцип, являющийся в механике одним из главных, необходимо должен опираться на возможно простые и удобопонятные доказательства.

Так же, как можно рассматривать движение тела, изменяющего свое направление, как составленное из его прежнего движения и добавленного к нему нового, так можно рассматривать и прежнее движение тела как составленное из нового, приобретенного движения и некоего другого — потерянного. Отсюда следует, что законы движения, измененного под действием каких-либо препятствий, зависят исключительно от законов движения, уничтоженного препятствиями. Очевидно, достаточно разложить то движение, которым тело обладало до встречи с препятствием, на два других движения такого рода, чтобы препятствие не мешало одному из них, но уничтожало бы другое. Из этого можно вывести не только законы движения, измененного под действием непреодолимых препятствий, — единственные законы, которые до сих пор выведены с помощью этого метода, — но можно определить также, в каких случаях движение уничтожается этими же препятствиями. Что касается законов движения, измененного под действием препятствий, не являющихся по существу непреодолимыми, то ясно, что вообще для определения этих законов достаточно точного знакомства с законами равновесия.

Каков общий закон равновесия тел? Все математики согласны в том, что два тела с противоположным направлением движения будут в равновесии, если их массы обратно пропорциональны скоростям, с которыми они стремятся двигаться. Но вероятно трудно привести для этого закона строгое доказательство,

лишнее всяких не
предпочитает при
чтобы стараться до
тельном рассмотре
один единственн
ясно и отчетливо; э
а скорости равны т
торым, по моему м
ципа равновесия в
случаев к указава
случаю. По этому
насколько мне э
удалось.

Принцип равн
ципом сложения до
все проблемы, кас
разом это движ
и подвижного т
которому первое т
движения, чтобы со
часть. Из комбина
вести законы движе
воздействующих др
жучего тела, с т

Если принци
различны по су
с другой стороны, д
то таким образом
мому принцип
любых условиях, мо
я попытался сдел
в настоящем трактате.

Что касается до
рался, чтобы при
по моему мнению, до
тельно из послед
возможности прост
ливо познаем при
гает определенн
мени. Все прин
идей, если хо
удивляться, что
рассмотрения при
рассмотрением
силы, при
тия из области
науку, ясную по
зательства самих этих принципов, то я стар
им ту полную ясность и простоту, какая,
для них возможна,—выводить их исключи
нения движения, рассматривая последнее по
и понятно. То, что мы действительно отчет
вижении тела, это тот факт, что оно пробе
уть и требует для этого определенного вре
ых механики нужно выводить из этой одной
х выводить ясно и точно. Нельзя поэтому
ходя из этих соображений, я отказался от
н движения, чтобы исключительно заняться
инного движения, и что я совершенно исклю
телу при его движении, т. е. неясные поня
физики, которые способны только затемнять
существо.

По этой причине я не считал необходимым вдаваться в знаменитый вопрос о живых силах. Из-за этого вопроса математики уже скоро тридцать лет, делятся на два лагеря, споря о том, пропорциональна ли сила тел, находящихся в движении, произведению из массы на скорость или же произведению из массы на квадрат скорости, т. е. обладает ли тело с удвоенной массой и утроенной скоростью по сравнению с другим телом силой, большей в 18, или только в 6 раз. Несмотря на те споры, которые вызвал этот вопрос, я совершенно не упоминал о нем в настоящем труде на том основании, что для механики он совершенно бесполезен. Тем не менее я не считал себя вправе совершенно обойти молчанием такую идею, которой Лейбниц гордился как большим открытием, которую великий Бернулли углубил так остроумно и удачно¹, которую Мак Лорен всеми силами пытался опровергнуть и к которой, наконец, благодаря большому числу работ знаменитых математиков было привлечено внимание широкой публики. Поэтому я считаю уместным, не утомляя читателя подробностями всех дискуссий по этому вопросу, в самом сжатом виде изложить те принципы, которые могут способствовать его решению.

Когда говорят о силе тела, находящегося в движении, то с этим словом либо не связывают никакого отчетливого представления, либо подразумевают под силой только то общее свойство движущегося тела, что оно способно преодолевать или противодействовать встречающимся ему препятствиям. Поэтому силу нельзя измерять ни непосредственно длиной пути, равномерно пройденного телом, ни затраченным на это временем, ни простым, единственным и абстрактным рассмотрением массы и скорости, но исключительно и единственно теми препятствиями, которые встречает тело, и сопротивлением, которое эти препятствия оказывают. Чем сильнее препятствие, которое тело может преодолеть или которому оно может сопротивляться, тем большей можно признать его силу; при этом нельзя, конечно, подразумевать под этим словом некую сущность, пребывающую в теле, но следует пользоваться этим словом только как сокращением для обозначения факта, как, например, когда говорят, что тело обладает вдвое большей скоростью, чем другое тело, вместо того чтобы говорить: оно пробегает за одинаковое время удвоенное пространство; при этом слово *скорость* вовсе не обозначает какой-либо неотъемлемо свойственной телу сущности.

Если согласиться с изложенным выше, то станет ясно, что

¹ См. трактат о законах сообщения движения, который в 1726 г. получил похвальный отзыв Академии, тогда как премия была присуждена патеру Мазьер. Прим. автора.

движению тела можно противопоставить три рода препятствий: непреодолимые препятствия, которые совершенно уничтожают движение, каково бы оно ни было, препятствия, оказывающие равно столько сопротивления, сколько необходимо, чтобы уничтожить движение тела и уничтожающие его в один момент, — это случай равновесия; наконец, препятствия, уничтожающие движение постепенно, — это случай замедленного движения. Так как непреодолимые препятствия одинаково уничтожают все виды движения, то для измерения силы они служить не могут. Поэтому измерителем силы может служить только способность удерживать равновесие или замедлять движение. Конечно, не может быть спора о том, что между двумя телами существует равновесие, пока произведения их масс на их виртуальные скорости, т. е. те скорости, с которыми они стремятся двигаться, равны. Поэтому в случае равновесия произведение массы на скорость или количество движения, что одно и то же, выражает силу. Каждый согласится с тем, что при замедленном движении число преодоленных препятствий пропорционально квадрату скорости, так что, например, тело, которое при известной скорости зажимало одну пружину, при удвоенной скорости сможет зажать одновременно или последовательно не две, а четыре пружины, равные первой, при утроенной скорости — девять пружин и т. д. Отсюда приверженцы живой силы заключают, что сила тел, находящихся в движении, вообще пропорциональна произведению массы на квадрат скорости. В сущности не будет особенного вреда, если мера сил для состояния равновесия и для замедленного движения будет неодинакова, так как, базируясь на совершенно ясных идеях, под словом сила можно подразумевать только действие, заключающееся в преодолении препятствия, или в сопротивлении, оказанном этим препятствием. Можно, однако, согласиться с мнением тех, которые рассматривают силу как произведение массы на скорость, не только в случае равновесия, но и в случае замедленного движения, если измерять в этом последнем случае силу не абсолютной величиной препятствий, но суммой сопротивлений, оказываемых этими препятствиями. Ибо нельзя сомневаться, что эта сумма сопротивлений пропорциональна количеству движения, так как все согласны, что количество движения, которое тело теряет в каждый отдельный момент, пропорционально произведению сопротивления на бесконечно малый период времени, а сумма этих произведений, очевидно, выражает полное сопротивление. Весь вопрос сводится к тому, следует ли измерять силу абсолютной величиной препятствий или суммой этих препятствий. Мне кажется более естественным измерять силу последним из указанных способов; ибо препятствие остается препятствием, только пока оно оказывает

сопротивление, и сумма сопротивлений правильно выражает преодоленное препятствие. Кроме того при таком способе измерения силы создается то преимущество, что мы получаем общую меру для состояния равновесия и для замедленного движения. Со всем тем я полагаю, что так как мы связываем со словом сила точную и отчетливую идею только тогда, когда мы определяем этим термином одно только действие, то следовало бы предоставить каждому решать этот вопрос по своему благоусмотрению. Ибо он вообще сводится к несущественной метафизической дискуссии или к спору о значении слова, заниматься которым совершенно недостойно философов.

Все вышесказанное достаточно для того, чтобы дать это почувствовать нашим читателям. Но очень естественное соображение окончательно убедит их в этом.

Пусть некоторое тело обладает простым стремлением двигаться с некоторой скоростью, стремлением, задерживаемым каким-нибудь препятствием; пусть оно действительно и равномерно движется с этой скоростью; пусть, наконец, оно начинает двигаться с этой же скоростью, понемногу расходуемой и уничтожаемой по какой-либо причине; во всех этих случаях действия, произведенные телом, различны, но тело, рассматриваемое само по себе, ничем не различно в одном и другом случае; только действие причины, производящей эффект, приложено иначе.

В первом случае этот эффект сводится к простому стремлению, не имеющему в сущности точного мерил, так как результатом его не является никакое движение; во втором — эффектом является пространство, пройденное за данное время, и этот эффект пропорционален скорости; в третьем — эффектом является пространство, пройденное до полного исчезновения движения, и этот эффект соответствует квадрату скорости. Однако эти различные эффекты, очевидно, произведены одной и той же причиной; стало быть, сказав, что сила соответствует то скорости, то ее квадрату, не могли подразумевать ничего кроме ее эффекта, когда они выражались таким образом. Это различие эффектов, происходящих все от одной и той же причины, может служить, заметим мимоходом, для того, чтобы показать недостаточную правильность и точность столь часто применяемой мнимой аксиомы о пропорциональности причин и их эффектов.

Наконец, даже те, которые не смогут подняться до метафизических принципов вопроса о живых силах, легко обнаружат, что он является только спором о словах, если примут во внимание, что обе партии к тому же вполне согласны по вопросу об основных признаках равновесия и движения. Если предложить одну и ту же задачу по механике двум математикам, из которых

один — противник, а другой — сторонник живых сил, то их решения, если они правильны, всегда вполне сойдутся; итак, вопрос о мере сил совершенно бесполезен в механике и даже не имеет никакого реального объекта. Несомненно, он и не породил бы такого количества томов, если бы больше старались различить, что в нем содержится ясного и что неясного. Если бы брались за дело таким образом, то для решения вопроса понадобилось бы лишь несколько строк; но, кажется, большинство трактовавших этот предмет опасались трактовать его кратко.

Сделанное нами приведение всех законов механики к трем — закону силы инерции, закону сложного движения и закону равновесия — может послужить к разрешению большой метафизической проблемы, предложенной недавно одной из наиболее знаменитых академий Европы: являются ли законы статики и механики истинами необходимыми или случайными?

Чтобы сосредоточить наши мысли на этом вопросе, ему нужно сперва придать тот единственный разумный смысл, какой он может иметь. Дело идет не о выяснении того, мог ли творец природы предписать ей иные законы, чем наблюдаемые нами; если предположить наличие разумного существа, способного воздействовать на материю, то очевидно, что существо это может в любой момент приводить в движение и останавливать ее по своей воле и по законам или единообразным, или различным для каждого момента и для каждой частицы материи; постоянный опыт движений нашего тела достаточно доказывает нам, что материя, подчиненная воле мыслящего начала, может отклоняться в своих движениях от тех, которые она имела бы в действительности, будучи предоставлена сама себе. Предложенный вопрос сводится к выяснению того, отличаются ли законы равновесия и движения, наблюдаемые в природе, от тех, которым следовала бы материя, предоставленная самой себе. Разовьем эту мысль. Совершенно очевидно, что если ограничиться предположением существования материи и движения, то из этого двойного существования необходимо следуют некоторые явления; тело, приведенное в движение некоторой причиной, должно остановиться через некоторое время или продолжать всегда двигаться; тело, стремящееся двигаться одновременно по двум сторонам параллелограмма, непременно опишет диагональ его или какую-нибудь другую кривую; если несколько движущихся тел встречаются и сталкиваются, то вследствие их взаимной непроницаемости должно произойти некоторое изменение в состоянии всех этих тел или, по меньшей мере, нескольких из них. Итак, из различных возможных явлений, в отношении ли движения одного отдельного тела или нескольких взаимодействующих, одно неизбежно должно иметь место вследствие одного толь-

ко существования материи и предположения об отсутствии всякого другого начала, могущего исказить явление или изменить его.

Итак, вот путь, по которому должен следовать философ, чтобы разрешить вопрос, о котором идет речь. Сперва он должен стараться обнаружить рассуждением, каковы были бы законы статики и механики для материи, предоставленной самой себе; затем он должен исследовать опытом, каковы эти законы во вселенной; если первые отличны от вторых, то он заключит, что законы статики и механики в том виде, как их дает опыт, суть истины случайные, поскольку они являются следствием особенной и определенной воли высшего существа; если, напротив, законы, выведенные из опыта, совпадают с таковыми, полученными исключительно путем рассуждения, то он заключит, что наблюдаемые законы суть истины необходимые, — не в том смысле, что творец не мог установить совершенно других законов, но в том смысле, что он не счел уместным установить какие-либо кроме тех, что следуют из самого существования материи.

Нам кажется, что в этом сочинении мы показали, что тело, предоставленное самому себе, должно вечно находиться в состоянии своего покоя или равномерного движения; нам кажется, что мы также показали, что если тело стремится двигаться одновременно по двум сторонам какого-нибудь параллелограмма, то диагональ его есть то направление, которое оно должно принять само по себе, и, так сказать, выбрать из всех других. Мы показали наконец, что все законы передачи движения между телами сводятся к законам равновесия и что законы равновесия сами сводятся к таковым для двух равных тел, обладающих равными и противоположными возможными скоростями. В этом последнем случае скорости обоих тел, очевидно, уничтожат одна другую, и геометрическим следствием явится опять обязательно равновесие, когда массы будут находиться в отношении, обратном скоростям; остается только узнать, будет ли случай равновесия единственным, т. е. если массы не будут находиться в отношении, обратном скоростям, то одно из тел непременно приведет второе в движение. Но легко понять, что при наличии одного возможного и необходимого случая равновесия другие не могут иметь места: без этого законы соударения тел, приводящиеся necessarily к законам равновесия, становятся неопределенными; этого не может быть, ибо при столкновении одного тела с другим следует непременно единственный результат — необходимое следствие существования и непроницаемости этих тел. Можно, впрочем, показать единство закона равновесия другим рассуждением, слишком математическим, для того чтобы его можно было развить в этом предисловии, но которое я поста-

рался сделать понятным в моем сочинении, к которому я и отсылаю читателя¹.

Из всех этих соображений следует, что законы статики и механики, изложенные в этой книге, суть те, что вытекают из существования материи и движения. Опыт же показывает нам, что эти законы наблюдаются, действительно, в окружающих нас телах. Значит, законы равновесия и движения, в том виде, в каком наблюдение нам их представляет, суть истины необходимые. Метафизик быть может удовольствовался бы доказательством этого, говоря, что мудрость создателя и простота его намерений не установила других законов равновесия и движения, кроме следующих из самого существования тел и их взаимной непроницаемости; но мы сочли себя обязанными воздержаться от этого способа рассуждения, так как нам показалось, что он держится на слишком неопределенном принципе; природа и высшее существо слишком скрыты от нас, чтобы мы могли прямо знать, что соответствует или не соответствует намерениям их мудрости; мы можем лишь подмечать проявления этой мудрости, наблюдая законы природы, когда математическое рассуждение покажет нам простоту этих законов, а опыт — их применение и распространение.

Мне кажется, это рассуждение может помочь нам оценить доказательства, которые давали законам движения многие философы, согласно принципу конечных причин, то есть, согласно намерениям, которые творец природы должен был иметь в виду, устанавливая эти законы. Подобные доказательства не могут иметь силы, если они не следуют и не поддерживаются прямыми доказательствами, заимствованными из более доступных нам принципов; иначе, они часто введут нас в заблуждение. Именно следуя по этому пути, поверив в то, что мудрость создателя сохраняет всегда одно и то же количество движения во вселенной, Декарт ошибся относительно законов удара. Те, кто будут ему подражать, подвергаются опасности ошибиться, как он, или представить как общий принцип то, что имеет место лишь в некоторых случаях, или, наконец, счесть первоначальным законом природы чисто математическое совпадение нескольких формул.

Теперь, когда я дал читателю общее представление о задаче, которую я поставил себе в настоящем труде, мне остается только сказать несколько слов о форме, которой я счел нужным придерживаться. В первой части я старался по возможности при-

¹См. пункт 46 в конце третьего случая и пункт 47. Превосходные рассуждения по тому же вопросу можно найти в *Mémoires de l'Académie des Sciences* за 1769, стр. 285 и след. Прим. автора.

способлять принципы механики к пониманию начинающего: тем не менее, излагая теорию неравномерных движений, я не мог обойтись без дифференциального исчисления, так как к этому вынуждал меня самый характер темы. Я старался в этой первой части уместить большое количество вопросов в самое тесное пространство, и если я не вникал во все те подробности, на которые наталкивала меня тема, то я это делал только потому, что хотел ограничиться изложением и развитием основных принципов механики; я старался давать в этом труде только самое новое и не считал нужным увеличивать его размеры включением непомерно большого количества специальных задач, которые легко можно найти в другом месте.

Вторая часть, в которой я задался целью исследовать законы движения тел, оказывающих взаимодействие друг на друга, является главной частью трактата. Поэтому я и назвал свою книгу «Трактатом о динамике». Это название, обозначающее науку о силах или о причинах движения, может, на первый взгляд, показаться неподходящим для моего труда, так как я понимаю механику скорее как науку о действиях, чем как науку о причинах. Но так как среди современных ученых термин динамика стал общеупотребительным для обозначения науки о движении тел, так или иначе воздействующих друг на друга, то я решил придерживаться именно этого названия; из этого названия моего трактата математики усмотрят, что я в основном задался целью расширить и обогатить названную область механики. Эта область настолько же интересна, насколько трудна. Проблемы, возникающие в ней, образуют очень обширную группу, и самые крупные математики последних лет преимущественно обрабатывали именно эту область; однако до сих пор разрешена только очень небольшая часть проблем и притом лишь для специальных случаев. Большинство решений, которые нам были даны, опираются кроме того на принципы, которые еще никем не доказаны в общем виде, так, например, на принцип сохранения живых сил. Поэтому я в этой области считал необходимым придерживаться особой подробности изложения, чтобы доказать, что все вопросы динамики разрешим юдним и тем же простым и непосредственным методом, сводящимся к соединению принципов, упомянутых выше, т. е. принципов равновесия и сложных движений. Я показываю применение этого метода на небольшом количестве избранных проблем, из которых одни уже известны, другие — совершенно новы, а третьи — неправильно разрешены очень крупными математиками.

Задачу можно разрешить изящно, если пользоваться принципами только непосредственно и в минимальном количестве, и поэтому читатель не должен удивляться, если мои решения, по-

торым я старался придать возможное единообразие, иногда оказались длиннее, чем если бы я пользовался для своих выводов косвенными принципами. Так как мне кроме того пришлось бы приводить доказательства и для этих последних, то краткость изложения, которую они мне дали бы, была бы неизбежно снова потеряна. Самая главная часть моей книги превратилась бы в бесформенную груду проблем, едва ли достойную быть напечатанной, несмотря на разнообразие этих проблем и трудности, свойственные каждой из них в отдельности.

Так как вторая часть предназначается главным образом, для тех, кто уже знаком с дифференциальным и интегральным исчислениями и освоился с принципами, изложенными в первой части, а также для лиц, уже привычных к разрешению обыкновенных, общеизвестных проблем механики, то — во избежание недоразумений — я замечу, что я часто пользовался неясным обозначением *сила* и некоторыми другими терминами, которыми обыкновенно пользуются при исследовании движения тел. Однако я никогда не присваивал этим выражениям другого значения кроме того, которое вытекает из настоящего предисловия или из принципов, изложенных в первой части моего трактата.

Наконец из того же принципа, который привел меня к разрешению всех проблем динамики, я вывожу некоторые свойства центра тяжести, из которых некоторые совершенно новы, а остальные доказывались до настоящего времени только очень поверхностно и неясно, и я заключаю свой труд доказательством принципа, который обычно именуется положением о сохранении живых сил.

Тот прием, который публика оказала этому первому труду, когда он появился в 1743 г., побудил меня опубликовать в 1744 г. другой труд, в котором этим же методом трактуется обо всем, касающемся движения и равновесия жидкостей. Эта тонкая и деликатная тема не единственная, к которой я применил этот принцип; я весьма широко применял его в моих *Recherches sur la précession des équinoxes*, проблеме которой я первый дал решение, долго и безуспешно отыскиваемое весьма выдающимися математиками; в моем *Essai sur la résistance des fluides*, основанном на совершенно новой теории; в моих *Reflexions sur la cause des vents* для расчета колебаний, которые должно вызывать в нашей атмосфере действие солнца и луны и которое никто еще не взялся определить; наконец я осмеливаюсь сказать, что чем больше у меня было случаев применять изложенный и развитый в этой работе метод, тем больше я убеждался в простоте, общности и плодотворности этих методов.

АЛЬБЕРТ ЭЙШТЕЙН
МЕХАНИКА НЬЮТОНА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА
РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ¹

В эти дни исполняется двести лет с того времени, как закрывались глаза Ньютона. Поэтому сейчас сильнее, чем когда-либо, ощущается потребность восстановить в памяти блестящий образ того, который как никто ни до, ни после него указал пути и наметил практические формы западного мышления и исследования. Он был не только гениальным творцом отдельных руководящих методов, но он, только ему одному свойственным образом, владел всем эмпирическим материалом; он был, кроме того, необыкновенно изобретателен в различных математических и физических *способах доказательства*. Поэтому он достоин глубочайшего уважения. Но этот образ приобретает еще большее значение и потому, что он самой судьбой поставлен на поворотном пункте духовного развития эпохи. Для того, чтобы видеть это особенно явственно, мы должны припомнить, что до Ньютона не существовало законченной системы физической причинности, которая была бы в состоянии отражать основные черты внешнего мира.

Уже великие греческие материалисты древности требовали, чтобы все происходящее в материальном мире было сведено к строго причинно обусловленным закономерностям движений атомов; живые существа и их воля не должны были выступать как самостоятельные причины.

Декарт в своеобразной формулировке также снова поставил эту цель, но она оставалась смелым желанием, проблематичным идеалом философской школы. Фактические достижения, кото-

¹ Статья Эйнштейна была напечатана в *Naturwissenschaften*, № 12 от 25 марта 1927 г. Русский перевод в «Под знаменем марксизма» — 1927 № 4, стр. 166—173.

„Под знаменем марксизма“ — 1927 № 4 (Стр. 166—173)

Статья Эйнштейна была напечатана в *Naturwissenschaften*, № 12 от 25 марта 1927 г. *Прим. ред.*

рые могли бы обосновать веру в непрерывную физическую причинность, до Ньютона не существовали.

Цель Ньютона заключалась в ответе на вопрос: существует ли простой закон, на основании которого можно вычислить совершенно точно движение небесных тел нашей планетной системы, если известны состояния движений всех этих тел в один данный момент времени? Эмпирические законы Кеплера, полученные им из наблюдений Тихо-Браге, уже существовали и требовали своего объяснения¹.

Эти законы давали, правда, полный ответ на вопрос: как движутся планеты вокруг солнца (эллиптическая форма пути, равенство площадей, описанных радиусом-вектором в равные промежутки времени, соотношение между большими полуосями и временами обращения). Но эти правила не удовлетворяли потребности причинной зависимости.

Эти три закона суть три логически независимых друг от друга правила, лишённые всякой внутренней связи. Третий закон в его количественной формулировке не может быть перенесён безоговорочно на иное центральное тело, чем солнце (например, нет никакой зависимости между временем обращения планеты вокруг солнца и временем обращения луны вокруг своей планеты). Но самое важное это то, что эти законы относятся к движению как к целому и ничего не говорят о том, как из состояния движения системы в данный момент может быть выведено непосредственно за ним следующее. Это, сказали бы мы теперь, законы интегральные, а не дифференциальные.

Дифференциальный закон есть величайший духовный подвиг Ньютона. Нужна была, однако, не только сама мысль о законе, но также и формальный математический аппарат, который хотя и существовал в отдельных частях, но которому надо было придать систематическую форму. Её-то и нашёл Ньютон в дифференциальном и интегральном исчислениях. Мы оставляем совершенно в стороне вопрос о том, пришёл ли Лейбниц независимо от Ньютона к тем же самым математическим методам или нет. Во всяком случае развитие их было для Ньютона необходимо, так как только в них он нашёл надлежащий способ выражения для своих мыслей.

Уже Галилей положил начало познанию законов движения. Он нашёл закон инерции и закон свободного падения в поле земного тяготения в следующих формулировках: Масса (точнее,

¹ Всякий знает теперь, какое колоссальное количество труда потребовалось для того, чтобы вывести эти законы из полученных эмпирическим путем орбит планет но немногие отдадут себе отчет в тех гениальных методах, которыми Кеплер получил истинные орбиты из кажущихся, т. е. из направлений, наблюдающихся с земли. *Прим. автора.*

материальная точка), на которую не действуют никакие другие массы, движется прямолинейно и равномерно. Вертикальная слагающая скорости свободно падающего тела в поле тяготения равномерно возрастает со временем.

Сейчас нам может показаться, что только небольшой шаг отделяет то, что было известно Галилею, от законов движения, сформулированных Ньютоном. Но надо иметь в виду, что оба высказывания Галилея по своей форме относятся к движению, как к целому, в то время как законы движения Ньютона дают ответ на следующий вопрос: как изменяется состояние движения материальной точки под действием внешней силы в *бесконечно-малый промежуток времени*.

Только переходя к рассмотрению явлений в бесконечно малый промежуток времени (дифференциальный закон), Ньютону удалось получить такую формулировку, которая может быть применена к любому движению.

Понятие силы Ньютон заимствует из статики, достаточно высоко развитой к этому времени.

Установление связи между силой и ускорением становится возможным благодаря введению нового понятия массы, которое, однако, — что весьма замечательно, — подкрепляется только мнимым определением.

В настоящее время мы так привыкли к построению понятий, соответствующих производным от функций, выражающих различного рода зависимости, что нам даже трудно представить, какая громадная способность к абстракции нужна была для того, чтобы посредством двойного перехода к пределу притти к формулировке в общей форме дифференциального закона движения, и к тому же найти определение для понятия массы.

Но установлением этого закона далеко еще не была установлена причинная концепция явлений движения. В самом деле, посредством уравнения движения оно было определено лишь тогда, когда была дана сила.

Ньютон, исходя из движения планет, пришел к мысли, что сила, действующая на какую-либо массу, определяется положением всех других масс, находящихся от нее на достаточно малом расстоянии.

Только после того как была познана эта зависимость, была получена полная причинная концепция явлений движения.

Всем известно, каким образом Ньютон, исходя из законов движения планет, установленных Кеплером, разрешил задачу тяготения и тем самым нашел сущность силы, действующей на небесные тела и природу тяжести.

Но только совокупность:

(законы движения) + (законы притяжения),

делать попытки свести электромагнитное поле и его динамические взаимодействия к механическим явлениям в непрерывно распространенных гипотетических массах.

Но под влиянием бесплодности или, во всяком случае, чрезвычайно малой плодотворности всех этих попыток к концу XIX в. совершился постепенно полный переворот в основных теоретических воззрениях; теоретическая физика выросла из рамок ньютоновской механики, идеи которой на протяжении двух столетий были руководящими идеями физики.

Основные принципы, установленные Ньютоном, были настолько удовлетворительны с логической точки зрения, что импульс внесения чего-то нового должен был притти из накопившихся опытных данных. Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, я должен отметить, что сам Ньютон отдавал себе отчет в слабых сторонах построенной им системы гораздо лучше, чем последующие поколения ученых.

Это обстоятельство всегда возбуждало во мне чувство особого удивления и преклонения, и поэтому я хочу несколько подробнее на нем остановиться.

1. Хотя Ньютон старается всегда построить свою систему понятий, основываясь на опыте, и старается вводить как можно меньше понятий, не находящихся в прямом отношении к данным в опыте предметам, все же он устанавливает понятие абсолютного пространства и абсолютного времени.

За это его часто упрекали в наше время. Но как раз в этом пункте Ньютон наиболее последователен. Он ясно понимал, что наблюдаемые геометрические величины (расстояние двух материальных точек друг от друга) и их изменение во времени не могут вполне характеризовать движение в физическом смысле. Это положение он доказывает знаменитым опытом с вращающимся ведром¹.

Кроме масс и расстояния между ними, изменяющегося со временем, существует еще нечто, что имеет определяющее значение для всего совершающегося. Это «нечто» Ньютон определяет как отношение к «абсолютному пространству». Он понимал, что пространство должно обладать некоторой физической реальностью, если мы хотим, чтобы законы совершающегося в нем движения имели смысл. Реальность пространства должна быть того же характера, что и реальность материальных точек и их расстояний друг от друга.

¹ Опыт с ведром был проделан Ньютоном для того, чтобы доказать на опыте различие между абсолютным и относительным движением. Этим опытом, по его мнению, могло быть доказано абсолютное вращательное движение земли. См. приведенный выше отрывок из «Математических начал», стр. 437 и след. *Прим. ред.*

Ясное понимание этого обстоятельства показывает одновременно мудрость Ньютона и слабую сторону его теории.

В самом деле, логическое построение последней было бы гораздо более удовлетворительным, если бы не было введено это призрачное понятие. В этом случае во все законы входили бы понятия предметов (материальные точки, расстояние), отношение которых к восприятию было бы вполне ясно.

2. Введение сил дальнего действия, передающихся мгновенно без участия промежуточной среды, для представления действия притяжения совершенно не отвечает характеру большинства явлений, знакомых нам из повседневного опыта. Ньютон понимает, какие сомнения может возбудить введение этих сил, и указывает на то, что его закон взаимного тяготения ни в коем случае не должен рассматриваться как последнее объяснение, а представляет собой лишь правило, выведенное из опыта.

3. Учение Ньютона не дает никакого объяснения чрезвычайно замечательному факту, что вес и инерция тела определяются одной и той же величиной (массой). Но уже Ньютону этот факт казался чрезвычайно поразительным. Конечно, ни один из этих трех пунктов не может считаться логическим возражением против теории. Они выражают в известном смысле лишь стремление научной мысли к единому и проникающему до конца охвату всех явлений природы.

Первую брешь в учении Ньютона о движении, рассматриваемом как программа для всей теоретической физики, пробила теория электричества Максвелла. Выяснилось, что электрическое и магнитное взаимодействие между телами происходит не посредством мгновенно действующих сил дальнего действия, но обусловлено явлениями, распространяющимися с конечной скоростью в пространстве. Согласно концепции Фарадея, наряду с материальной точкой и ее движением, нужно было поставить новый род физической реальности, именованной «полем». В соответствии с господствующими в то время механическими представлениями поле старались представить как механическое состояние (состояние движения или направления) некоторой гипотетической среды (эфира), наполняющей пространство, но так как, несмотря на многочисленные упорные попытки, такое механическое истолкование не удавалось, то понемногу привыкли считать «электромагнитное поле» последней не сводимой ни к чему другому основной физической реальностью.

Г. Герцу мы обязаны сознательным отделением понятия поля от всего, что связано с механическими представлениями, а Г. А. Лоренцу отделением понятия поля от материального носителя. Согласно взглядам последнего, носителем поля является физически пустое пространство (или эфир), которому, уже в меха-

нике Ньютона были свойственны некоторые физические функции. Когда это развитие понятия поля было закончено, никто уже больше не думал о непосредственном, мгновенно передающемся действии на расстоянии также и в области тяготения, хотя вследствие недостаточного знания фактов разработка явлений тяготения с этой точки зрения еще не была однозначно выполнена. После того как была оставлена гипотеза Ньютона о силах дальнего действия, развитие теории электромагнитного поля привело к попытке электромагнитного истолкования законов движения Ньютона, а именно замене их более точными законами движения, основанными на теории поля. Если пока эти попытки не увенчались полным успехом, то во всяком случае основные понятия механики перестали рассматривать как последние кирпичики физической картины мира. Теория Максвелла-Лоренца с необходимостью привела к специальной теории относительности, которая, уничтожив понятие об абсолютной одновременности, сделала невозможным существование сил дальнего действия. Согласно этой теории масса уже не была неизменной, а зависела от количества энергии (и даже совпадала по величине с ней). Далее специальная теория относительности показала, что закон движения Ньютона действителен как предельный случай для малых скоростей; на место его она поставила новый закон движения, в котором скорость распространения света в пустоте выступает как предельная скорость.

Последний шаг в развитии программы теории поля делает общая теория относительности. Количественно она весьма мало изменяет теорию Ньютона, но зато качественные изменения, вносимые ею, идут очень далеко.

Инерция, тяготение и метрические соотношения тел и часов сводятся к единому свойству поля, это же последнее в свою очередь зависит от находящихся в нем тел (обобщение закона тяготения Ньютона или соответствующего ему закона поля, как это сформулировал Пуассон). Таким образом пространство и время были лишены если не их реальности, то их причинной абсолютности (абсолютность = оказывающее влияние, но само не поддающееся влиянию), которую им должен был приписать Ньютон, чтобы дать выражение известным в то время законам. Обобщенный закон инерции играет роль закона движений Ньютона.

Уже из этой краткой характеристики ясно, как элементы теории Ньютона переходят в общую теорию относительности, причем преодолеваются указанные выше три недостатка. Кажется, что в рамках общей теории относительности закон движения может быть выведен из закона поля, соответствующего закону сил Ньютона. Только после того как эта цель будет

полне достигнута, можно будет говорить о чистой теории поля.

Механика Ньютона подготовила почву для теории поля еще и в более формальном смысле. Применение механики Ньютона к непрерывно распространенным массам с необходимостью привело к открытию и применению дифференциальных уравнений с частными производными, которые со своей стороны стали языком для выражения законов теории поля. И в этом формальном отношении только ньютонова концепция дифференциального закона сделала первый и решающий шаг для всего дальнейшего развития.

Все развитие наших идей о явлениях природы, о котором мы до сих пор говорили, может быть представлено как органическое развитие мыслей Ньютона. Но, в то время как разработка теории поля была в полном ходу, явления лучистой теплоты, спектров, радиоактивности поставили предел применения всей этой системы мыслей, предел, который и сейчас, несмотря на гигантские успехи в отдельных областях, кажется непреодолимым. Не без основания многие физики утверждают, что перед лицом этих фактов отказываются служить не только дифференциальные законы, но даже и законы причинности, до сих пор считавшиеся основными постулатами всякого естествознания. Отрицается сама возможность временно-пространственной конструкции, которая могла бы быть однозначно координирована с физическими явлениями. Что механическая система, как это непосредственно показывает опыт, способна принимать только дискретные значения энергии, или же что устойчивые состояния системы также образуют дискретный ряд, не может быть непосредственно выведено из теории поля, работающей с дифференциальными уравнениями. Механика де-Броули — Шредингера, которая в известном смысле имеет характер теории поля, выводит, правда, основываясь на дифференциальных уравнениях, посредством своего рода соображений о резонансе существование только дискретных состояний и их переходов одно в другое в поразительном соответствии с опытными данными, но зато она должна отказаться от локализации материальной частицы и от строгого закона причинности. Но кто сейчас отважится разрешить вопрос о том, должны ли быть окончательно оставлены закон причинности и дифференциальный закон — эти основные и последние предпосылки ньютоновского естественнонаучного воззрения?



УСПЕХИ ОПТИКИ И ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ¹

Изучение оптики доставляет большое наслаждение, и ее история полна интереса. Я не намерен охватить всю область, но рассмотрю лишь один или два периода, в течение которых, как мне кажется, теория и практика взаимодействовали заметным образом, и выведу поучение о соотношении, которое должно было существовать между ними и в наши дни.

С этой целью я мог бы начать с давнего времени. Птолемей в своей попытке открыть законы преломления — очень удачной, как мы теперь знаем, — и Архимед со своим зажигательным стеклом (если только он его действительно изобретал) имели в виду практические цели. Но сегодня мы будем иметь в виду времена более близкие к нам. Конец XVII в. — один из таких периодов. Телескоп был изобретен около 1608 г., а микроскоп несколько раньше, около 1590 г.; и тот и другой в Голландии. Узнав об этих изобретениях, Галилей построил свой первый телескоп в 1610 г. Через год Кеплер в своей *Dioptrica* описал астрономический телескоп, окуляр которого состоял из одного или двух собирающих стекол. Вплоть до появления книги Декарта о диоптрике (1637 г.) других телескопов не знали. Закон преломления был впервые обнаружен Снеллием в 1621 г.

¹ Журнал. «Физическое обозрение», изд. П. А. Зильвым, Варшава, т. VI, (стр. 226—234).

Сокращенное изложение речи, произнесенной на Оптическом съезде: «Progress of Optical Science and Manufactures». From the inaugural address delivered before the Optical Convention on May 30 by the president Dr. R. R. Glazebrook, F. R. S. (Nature, June, 1905 г. Прим. ред.

Таким образом к 1660 г. вся важность телескопа была оценена, и пределы его применения известны. В 1663 г. Грегори описал первый катоптрический телескоп, в коем некоторые недостатки прежних были устранены. Около того же времени два ученых, труды которых оставили неизгладимые следы в науке — Христиан Гюйгенс (1629—1695) и Исаак Ньютон (1642—1727), были приведены к изучению этого инструмента.

Глубокий ученый, основавший волновую теорию света и открывший двойное преломление, Гюйгенс был в то же время искусный механик: он сам шлифовал стекла и устроил телескоп. Из теоретических соображений он показал, что многие выдающиеся недостатки телескопа обуславливаются тем обстоятельством, что лучи отдаленной звезды, проходя разные части линзы, не сходятся в одной точке оси, и что для линзы данного поперечника эта осевая аберрация быстро уменьшается по мере возрастания ее фокусного расстояния. Увеличение телескопа зависит от отношения фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Следовательно, увеличивая оба эти расстояния, но так, чтобы отношение их оставалось постоянным, можно сохранить увеличение и уменьшить аберрацию.

Вследствие этого Гюйгенс приготовил линзу в 120 футов фокусного расстояния; трубы уже нельзя было делать, и свои линзы он укрепил на концах длинной жерди, подвешенной на веревках. С помощью одного из таких «воздушных» телескопов, который потом был пожертвован Королевскому обществу, Гюйгенс открыл кольцо Сатурна и его четвертого спутника.

В этом случае стремление усовершенствовать инструмент заставило обратиться к теории, и теория привела оптика к несомненному успеху. Правда, успех был неполный, но это потому, что недостаток, который Гюйгенс хотел устранить, зависел не от одной сферической аберрации.

И в другой области инструментального искусства Гюйгенс знаменит применением науки к практике. Его трактат *Hologium Oscillatorium*, в котером чрезвычайно искусно исследуются различные задачи о движении, был долгое время образцовым трудом о часах; он был первым, приложившим результаты этих научных исследований в практике: в 1657 г. он применил маятник к часам как регулятор при измерении времени. Впрочем, сэр Бекет утверждает, что первые часы с маятником были построены в 1621 г. Гаррисом для лондонского собора св. Павла.

В 1665 г. вышло посмертное издание сочинения итальянского иезуита Гримальди, озаглавленное *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride aliisque annexis*; оно содержит несколько важных открытий, между ними дифракцию света.

Только что получив в Кембридже степень В. А.¹, Ньютон в 1666 г. на Стаурбриджской ярмарке покупает призму с тем, чтобы «испытать с нею знаменитое явление цветов» и повторить некоторые опыты Гримальди. В этом же году он шлифует «оптические стекла иной формы, чем сферические». Он уже интересовался астрономией, может быть, уже сделал свое великое открытие, но еще не успел его подтвердить. В письме к Галлею в 1686 г. по поводу возражений, вызванных обнаружением Principia, он пишет: «Но что касается двойной пропорции, то я ее вывел из кеплеровской теоремы уже двадцать лет тому назад».

Знаменитое яблоко, как полагают, упало в саду его матери в Вульсторпе, куда он удалился в 1665 г. вследствие чумы. Рассказ о яблоке имеет некоторую достоверность; он был передан Вольтеру Кондьютом, мужем племянницы Ньютона; а дерево, с которого судят бы упало это яблоко, видел еще Брюстер в 1822 г.

Делалось не мало догадок, почему столько лет не обнаружилось открытие, что одна и та же причина заставляет падать яблоко и удерживает луну на ее орбите. Наиболее справедливая догадка была высказана Глешером, который обратил внимание на то, что требовалось знать взаимное притяжение не только между двумя материальными частицами, но между двумя сферическими телами больших размеров, и что эта задача была разрешена лишь много позже; как бы то ни было, в 1667 г. Ньютон был астрономом и сознавал необходимость точных астрономических наблюдений, и ввиду этого им предприняты были усовершенствования телескопа.

Опыты с призмой привели Ньютона в 1666 г. к открытию спектра; в то время о цветах было очень мало известно, «Трактат об оптике» Барроу, изданный с помощью Ньютона в 1669 г., содержал весьма неверные взгляды; но вскоре после того Ньютон мог уже высказать заключение, что белый свет неоднороден и состоит из лучей различной преломляемости; изображение спектра, столь знакомое нам по многочисленным учебникам, происходит из ньютоновской Optics, напечатанной в 1704 г., хотя его открытия, касающиеся анализа белого света, были представлены Королевскому обществу в целом ряде мемуаров в 1671 г. и излагались им в качестве люкасовского профессора в Кембридже, на лекциях 1669, 1670 и 1671 гг.

Связь этих физических опытов с техникой телескопов оче-

¹ В. А. — Bachelor of Arts — первая английская ученая степень — бакалавр. Прим. ред.

видна: линзы действуют, как призмы, и разлагают свет на его составные цвета. Никакие изменения формы не устраняют этого вполне, и Ньютон пришел к заключению (слишком поспешному, как теперь известно), что рефракторные телескопы не подлежат дальнейшему усовершенствованию: их недостатки неразрывно связаны с преломлением света.

Но в изображениях, образуемых отражением, нет недостатков, и потому Ньютон пришел к заключению, что оптический инструмент может быть доведен до какой угодно степени совершенства, если только отражающую поверхность можно так же легко полировать, как стекло, если эта поверхность будет столько же отражать света, сколько стекло пропускает его, и если, наконец, будет найден способ сообщать этой поверхности форму параболоида. В 1668 г. он изобрел способ полировки, которым, как он полагал, «фигура может быть исправлена до конца», после чего появился ньютоновский отражательный телескоп, один экземпляр которого, сделанный собственными руками Ньютона, принадлежит теперь Королевскому обществу. Все те превосходные инструменты, которые способствовали развитию наших сведений о звездах, обязаны своими достоинствами ньютоновскому опыту с призмой и выводам из него.

Но эти опыты поучительны и в другом отношении: Ньютон, неверно толкуя свои опыты над дисперсией, решил (ошибочно, как мы теперь знаем), что ахроматическая линза невозможна, и что цветовые дефекты неустранимы в рефракторном инструменте; результатом этого было то, что в течение девяноста лет всякую попытку усовершенствовать эти инструменты считали почти праздною. Два или три ахроматических телескопа были сделаны Голлем около 1730 г., но не ранее 1757 г. Доллонд вновь изобрел инструмент и положил начало правильному изготовлению подобных линз.

Таким образом открытия Гюйгенса и Ньютона оказали сильное влияние на современные нам инструменты. Действительно, в обоих случаях одно и то же лицо делало открытия и изготовляло инструменты. Такое «совместительство» едва ли возможно в наши дни; теперь имеются математики — глубокие знатоки теории света и оптики — знатоки своего искусства.

Оптический съезд предназначается для согласования усилий тех и других. Но если двести лет назад усовершенствование телескопа зависело от развития теоретической оптики, то теория в свою очередь заинтересована в усовершенствовании инструментов и делаемых с их помощью наблюдений.

Гюйгенс основал волновую теорию света; но нужны были труды Юнга и гений Френеля для того, чтобы эта теория заменить соперничавшую с нею ньютоновскую теорию истечения.

В течение ста лет после появления ньютоновской «Оптики» прогресс был очень слабый. Ученый мир занимался только подражанием Ньютону. Английские математики, может быть, подавленные величием Ньютона, сами упражнялись в изъяснении его учения. В Англии теория истечения считалась совершенной, и существовало лишь некоторое сомнение относительно ее утверждения о невозможности ахроматизма.

С началом нового столетия произошла резкая перемена. Томас Юнг (1773 — 1829) в ряде мемуаров, появившихся между 1801 и 1811 гг., вновь обратил внимание на труды Гюйгенса и поставил на твердое основание его волновую теорию. Им был установлен принцип сложения волн и указано, как из этого принципа может быть объяснена интерференция.

Дело Юнга было завершено Френелем (1788 — 1827), который самостоятельно открыл принцип интерференции, применил его к объяснению дифракции, составил теорию двойного преломления и вывел известные выражения для яркостей лучей, отраженных от поверхности прозрачного тела или прошедших через нее.

В своих Lectures en Natural Philosophy Юнг прекрасно иллюстрировал применение новой теории света к инструментам. Френель был инженер по профессии, служивший в Ponts et Chaussées¹, и, как таковой, изобрел ступенчатые линзы, употребляемые на французских маяках. Открытия этих двух ученых изменили всю теорию, на которой основывалось построение оптических инструментов; лишь недавно мы могли оценить всю важность волновой теории в деле построения оптических инструментов: без трудов этих двух ученых и их последователей немногие из современных открытий астрономов, и немногие из результатов оптиков были бы возможны; объективы микроскопа или телескопа доведены до теперешнего совершенства потому, что из учения Юнга и Френеля выведены указания для искусства обтачивания стекол.

В первые годы прошлого столетия в этом деле англичане были впереди других. Труды по астрономии обоих Гершелей слишком известны; хотя успехи старшего Гершеля обуславливались скорее его механическим искусством, чем глубоким знанием теоретической оптики, но Джон Гершель много способствовал применению теории к практике.

Несколько раньше Фраунгофер (1787 — 1828), современник Юнга и Френеля, нашел, что изготовление ахроматической линзы «зависит от точного определения показателей преломле-

¹ Учреждение, ведающее устройством мостов и дорог. Прим. ред.

ния, и что главное препятствие тут заключается в затруднении иметь однородный источник света, который бы мог служить образцом». В качестве такового он воспользовался черными линиями солнечного спектра, замеченными еще Воластоном; здесь мы имеем пример того, как практическая нужда вызывает развитие науки, ибо из этих опытов Фраунгофера вытекает весь спектральный анализ.

Таким образом теория и практика прогрессируют вместе; каждая из них в отдельности может идти вперед очень недалеко, и лишь законное пользование гипотезой, поддерживаемое опытной проверкой, ведет нас к новому знанию и приближает нас к истине.

До середины прошлого столетия мы в Англии принимали самое деятельное участие в этом прогрессе; к упомянутым уже ранее именам можно прибавить еще и Гамильтона. В 1832 г. Эри дал объяснение аберрации линзы камеры-обскуры, которое оказалось чрезвычайно важным для позднейших конструкторов фотографических объективов, тогда как Theory of Systems of Rays Гамильтона содержала в сущности все то, что необходимо для точного вычисления аберрации такого стекла.

Но в то время фотографических объективов еще не изготовляли; а когда Дагер в 1839 г. объявил о своем открытии, работы Эри и Гамильтона были уже забыты у нас, а на континенте их почти и не знали.

Затем теория и практика разошлись в Англии. Важность открытия Дагера была сразу оценена, и английские оптики принялись за работы не без некоторого успеха в усовершенствовании линзы, но дело велось эмпирически; конечно, некоторый успех был возможен и даже был достигнут и так. Оптики-практики, конечно, не обращались за помощью к ученым запискам Кембриджского философского общества и Королевского общества в Дублине; но оптики другой нации пришли, наконец, к убеждению, что дальнейшие успехи могут быть достигнуты лишь после полного знакомства с действием линзы на проходящие через нее лучи, и все усовершенствование оптического искусства последних лет идет из Германии.

Здесь я еще раз отмечу пример того, как соединенные наука и практика достигают успехов, невозможных для каждой из них в отдельности. Труды недавно умершего Эрнеста Аббе представляют выдающийся пример результатов разумного соединения теории и практики. Это доказывается уже одним сравнением статистических данных о торговле оптическими товарами в Германии теперь и двадцать лет назад.

История возникновения иенского стеклянного завода часто рассказывалась, и потому я повторю ее лишь вкратце. В 1863 г.

еще молодым человеком Аббе поселился в Иене в качестве приватдоцента; вскоре после этого Карл Цейсс, делавший тогда микроскопы из обыкновенного стекла, обратился к Аббе за помощью для усовершенствования инструмента. Задача, предложенная Аббе, была не из легких; в то время теория микроскопа была еще далеко не закончена; поправки в линзах делались неверным способом, основанным на грубом опыте, и результаты были крайне сомнительны. В первую очередь предстояло разрешить трудную математическую задачу — найти путь лучей, проходящих через объектив. Аббе очень скоро устранил недостатки обыкновенной теории. Он нашел необходимым применить к задаче волновую теорию и в 1870 г. создал теорию микроскопического зрения, носящую теперь его имя; его исследования прямо вытекают из исследований Френеля.

Из своей теории Аббе заключил, что, пользуясь стеклами, имевшимися тогда в распоряжении у оптиков, нельзя ожидать большого усовершенствования микроскопического объектива. Между дисперсией и преломляемостью разных стекол должно существовать известное соотношение, но ни в одном из имевшихся стекол такого соотношения не наблюдалось. Ознакомившись с инструментами на выставке в Саут-Кенсингтоне 1876 г., Аббе окончательно утвердился в этом выводе, и в своем отчете об этой выставке он писал: «Будущность микроскопа — в смысле усовершенствования его диоптрических качеств — находится в руках фабрикантов стекла».

Исследования Петцфала и фон-Зайделя привели к тем же выводам относительно фотографических объективов; исследования фон-Зайделя были сделаны в 1856—1857 гг., но главный его мемуар был написан лишь в 1880 г., а напечатан в 1898 г. Из этих исследований вытекало, что со стеклами, находившимися тогда в торговле, невозможно было сделать поле фотографического объектива одновременно плоским и ахроматическим.

Таким образом теоретические исследования указывали, что препятствие к дальнейшему прогрессу может быть устранено только изготовлением новых стекол, обладающих определенными свойствами. Надо заметить, что еще раньше это было признано нашими соотечественниками Гаркуртом и профессором Стоксом; последний за восемь лет до 1870 г. старался, хотя и безуспешно, изготавливать нужные стекла.

Аббе был счастливее; его отчет попал в руки д-ра Шотта, владельца стеклянного завода в Виттеле, вполне оценившего его значение. В 1881 г. Шотт снесся с Аббе, и в следующем году он переселился в Иену, где основал фирму Schott und Genossen.

Деятельность Аббе в Иене представляет, может быть, самый поразительный пример того успеха, который достигается кооперацией науки и опыта. Мы также могли бы прогрессировать, если бы следовали по пути, давно нам указанному Ньютоном, Юнгом, Гершелем, Эри и другими, о которых я говорил выше.



ПРОБЛЕМА МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ В
ФИЗИКЕ НЬЮТОНА
БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И
ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ ЭТОЙ ПРОБЛЕМЫ
В XVII — XVIII ВВ.

СОДЕРЖАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ТЕМЫ

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ
НАПРАВЛЕНИЙ XVII—XVIII вв.

БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВО-
ЗНАНИЕ.

КОНЦЕПЦИЯ МАТЕРИИ И ДВИ-
ЖЕНИЯ У НЬЮТОНА. ТЕОЛОГИЧЕ-
СКИЕ МОМЕНТЫ ЕГО МИРОВОЗ-
ЗРЕНИЯ.

МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ КРИ-
ТИКА НЬЮТОНОВСКОЙ КОНЦЕП-
ЦИИ МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ.

Вторая тема дает изображение борьбы физических направлений. Третья тема ставит своей задачей показать идеологическую борьбу вокруг основных физических категорий.

Освобождение естествознания от теологии является гигантским толчком к его развитию. Однако это освобождение не совершается сразу, и теологический элемент достаточно силен даже у передовых естествоиспытателей этой эпохи.

Одной из основных задач этой темы является показ борьбы материалистических направлений против идеалистических и теологических моментов физики XVII в. Представить эту борьбу во всех ее подробностях не представляется возможным уже вследствие необычайной обширности материала. Мы взяли поэтому ньютонову концепцию как имевшую наибольшее влияние на последующее развитие естествознания, а из ньютоновой концепции особо выделили проблему материи и движения.

Общая характеристика философских направлений эпохи дана в прекрасных «Письмах об изучении природы» Герцена.

За ними следует замечательная характеристика истории развития материализма в Англии и Франции, данная Марксом в «Немецкой идеологии».

Мировоззрение Ньютона складывалось и развивалось в эпоху напряженной классовой борьбы английской революции. Предисловие Энгельса к английскому изданию «От утопии к науке» дает картину классовой борьбы эпохи английской революции и объясняет характерные черты мировоззрения английских естествоиспытателей, в том числе и Ньютона.

Отрывки из «Естествознания в мире духов» Энгельса дают сжатую и яркую характеристику эмпиризма как научного метода и разъясняют, почему последовательный эмпиризм приводит к теологии и мистике. Общая характеристика эмпиризма, столь характерного для английских естествоиспытателей этой эпохи.

дана также в «Письмах» Герцена и в отрывках из «Энциклопедии» Гегеля.

XVII в.— эпоха ожесточенной борьбы университетов с прогрессивной внеуниверситетской наукой, центром которой являются возникающие в это время научные общества. Мы посвящаем особый раздел характеристике этой борьбы. Немалую роль в распространении научных знаний и выработке новой формы связи между учеными и научными учреждениями сыграли основанные в эту эпоху научные журналы, развитие которых представлено рядом материалов.

Значение «Начал» Ньютона, конечно, не исчерпывается их значением для техники. Самое название основного труда Ньютона показывает, что он должен дать систему, мировоззрение. Одна из основных мыслей космогонии Ньютона состоит в представлении движений планет как следствия сложения двух сил: одной — центральной, направленной к солнцу, и другой — тангенциальной слагающей, «первоначального» толчка. Этот первоначальный толчок Ньютон оставил богу, запретив ему, однако, «дальнейшее вмешательство в солнечную систему» (Энгельс).

В этом своеобразном «разделении труда» по управлению вселенной между богом и механической причинностью заключается характерное для многих английских естествоиспытателей переплетение религиозной догматики с материалистическим принципом причинности.

В проблеме соотношения материи и движения Ньютон становится на точку зрения чистой модальности движения. Поэтому он ищет первичную причину происхождения движения планет; и так как это движение нельзя объяснить только силой тяготения, то он вводит творца, дающего материи первоначальный толчок. Идея божества в системе Ньютона не случайна, а тесно связана с его концепцией материи и движения.

Очень ярко эти теологические моменты в системе Ньютона выражены в третьей книге «Начал», отрывки из которых мы приводим, и в известных вопросах «Оптики».

Но кроме этого имеются еще более интересные документы, показывающие отношение Ньютона к теологическим моментам его системы и его отношение к материализму, имевшему в эту эпоху в Англии большое распространение. Мы имеем в виду знаменитые письма Ньютона к Бентли, которые мы приводим полностью вместе с одним из писем Бентли к Ньютону.

Не менее интересна полемика Лейбница с Кларком по поводу ньютоновой концепции божества и материи и движения. Хотя сам Ньютон открыто не принимал участия в этой полемике, но Кларк являлся как бы его официальным представителем. Письма Кларка к Лейбницу были просмотрены Ньютоном. Poleмика с Лейбницем есть в сущности продолжение в ином аспекте полемики по вопросу о двух мерах движения.

Исходя из теологической аргументации, Лейбниц защищает против Ньютона идею неотделимости движения (действенности) от материи.

Если критика Ньютона Лейбницем ведется в идеалистическом аспекте, то в несколько более поздний период (начало XVIII в.) мы встречаемся с материалистической критикой воззрений Ньютона со стороны Толланда.

В приводимых отрывках из «Писем к Серене» Джон Толланд направляет острие своей критики против концепции модальности движения. Движение, утверждает он, есть существеннейшее и неотъемлемое свойство материи. Оно должно входить составной частью в ее определение. Только эта концепция, справедливо утверждает Толланд, дает рациональное объяснение закону постоянства количества движения. Она разрешает затруднения относительно движущей силы и первоначального толчка. Таким образом в полемике Лейбница и Толланда с Ньютоном была четко поставлена проблема самодвижения материи, получившая окончательное решение в учении Маркса, Энгельса и Ленина.

Божество у Ньютона выполняет две функции: оно дает первоначальный толчок материи и приводит в порядок расстроившиеся орбиты небесных тел (см. переписку Лейбница с Кларком). Иными словами, бог нужен Ньютону не только как первый двигатель, но и как фактор, гарантирующий длительную устойчивость солнечной системы, которую Ньютон считал неустойчивой.

Критика ньютоновой космогонии со стороны Лапласа направлена по этим двум линиям. Лаплас, во-первых, доказал, что солнечная система устойчива сама по себе, во-вторых, что строение и происхождение солнечной системы может быть получено без всякого божественного первоначального толчка, если принять, что движение есть изначальное свойство материи.

Таким образом в работах Лапласа на чисто физической почве продолжается линия, намеченная Толландом.

Но работы Лапласа и Канта важны не только в этом отношении. Как указывает Энгельс (см. старое введение к «Диалектике природы»), космогоническая гипотеза Канта — Лапласа пробила брешь в мировоззрении, смотревшем на природу как на пребывающую неизменно от века.

Вместе с их трудами в естествознание входит идея развития, которая впоследствии должна стать руководящей нитью всего исследования природы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФИЛОСОВСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ XVII—XVIII ВВ.

А. И. Герцен. Письма об изучении природы (схоластика, рационализм, эмпиризм).

Письмо первое. Эмпирия и идеализм.

Письмо пятое. Схоластика.

Письмо шестое. Декарт и Бекон.

Письмо седьмое. Бекон и его школа в Англии.

К. Маркс. Святое семейство (об английском и французском материализме). Критическое сражение с французским материализмом.

Ф. Энгельс. Отрывки из «Диалектики природы» и «*Анти-Дюринга*».

1. Естествознание в мире духов.

2. Старое введение к «*Анти-Дюрингу*».

Гегель. Об эмпиризме. Отрывки из «*Логики*». Энциклопедия философских наук.

Ф. Энгельс. Предисловие к английскому изданию «*Развитие социализма от утопии к науке*». (Классовая борьба эпохи английской революции.)

ПИСЬМА ОБ ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДЫ

1845 г.

В крепостной России 40-х годов XIX в. он (Герцен) сумел подняться на такую высоту, что встал в уровень с величайшими мыслителями своего времени. Он усвоил диалектику Гегеля. Он понял, что она представляет из себя «алгебру революции». Он пошел дальше Гегеля, к материализму, вслед за Фейербахом. Первое из «Писем об изучении природы», — «Эмпирия и идеализм», — написанное в 1844 г., показывает нам мыслителя, который, даже теперь, головой выше бездны современных естествоиспытателей-эмпириков и тех нынешних философов, идеалистов и полудеалистов. Герцен вплотную подошел к диалектическому материализму и остановился перед — историческим материализмом.

Эта «остановка» и вызвала духовный крах Герцена после поражения революции 1848 г. Герцен покинул уже Россию и наблюдал эту революцию непосредственно. Он был демократом, революционером, социалистом. Но его «социализм» принадлежал к числу тех бесчисленных в эпоху 48-го года форм и разновидностей буржуазного и мелкобуржуазного социализма, которые были окончательно убиты июньскими днями. В сущности, это был вовсе не социализм, а прекрасноречивая фраза, доброе мечтание, в которое облакала свою тогдашнюю революционность буржуазная демократия, а равно невысвободившийся из-под ее влияния пролетариат.

(В. И. Ленин. Памяти Герцена. Сочинения, изд. 2-е, ГИЗ, 1929, т. XV, стр. 465—466).

(Стр. 1—29)

Слава Церере. Помане и их родственникам! Я, наконец, не с вами, любезные друзья! Я один в деревне. Мне смертельно хотелось отдохнуть поодаль от всех... Нельзя сказать, чтоб почтенные особы, которых я сейчас славословил, очень изубыточились для моего приема: дождь льет день и ночь, ветер рвет ставни, шагу нельзя сделать из комнаты, и,— странное дело! — при всем этом я ожил, поправился, веселее вздохнул,— нашел то, за чем ехал. Выйдешь под вечер на балкон: ничто не мешает взгляду; вдыхнешь в себя влажно-живой, насыщенный дыханием леса и лугов воздух, прислушаешься к дубравному шуму,— и на душе легче, благороднее, светлее; какая-то благочестивая тишина кругом успокаивает, примиряет... Вот так и кажется, что годы бы не выехал отсюда... Предвижу, что моя идиллическая выходка вам не понравится: «человек не должен жить особняком, это — эгоизм, бегство, это — битые фразы безумного женевица², который считал современную ему городскую жизнь искусственной, как будто формы мира исторического не так же естественны, как формы физического мира». Во-первых, что касается до побега,— позорно бежать воину во время войны, а когда благоденственно царит прочный мир, отчего не пожить в отпуску? Во-вторых, что касается до Руссо, я не могу безусловно принять за вранье того, что он говорит об искусственности в жизни современного ему общества: искусственным кажется неловкое, натянутое, обветшалое. Руссо понял, что мир, его окружавший, не ладен; но нетерпеливый, негодующий и оскорбленный, он не понял, что храмина устаревшей цивилизации о двух дверях. Боясь задохнуться, он бросился в те двери, в которые входят, и изнемог, борясь с потоком, стремившимся прямо против него. Он не сообразил, что восстановление первобытной дикости более искусственно, нежели выжившая из ума цивилизация. Мне, в самом деле, кажется, что наш образ жизни, особенно в больших городах — в Лондоне или Берлине, все равно,— не очень естествен; вероятно, он во многом изменится,— человечество не давало подлинки жить всегда, как теперь; у развивающейся жизни ничего нет заветного. Знаю я, что формы исторического мира так же естественны, как формы мира физического! Но знаете ли вы, что в самой природе — в этом вечном настоящем без раскаяния и надежды — живое, раз-

¹ А. И. Герцен. Полное собрание сочинений и писем. Под редакцией М. К. Лемке. Петербург, 1919, т. IV.

² Ж. Ж. Руссо. Прим. ред. соч. Герцена.

бываясь, беспрестанно отрывается от миновавшей формы, обличает неестественным тот организм, который вчера вполне удовлетворял? Вспомните превращение насекомых, вечный пример бабочки и куколки. Когда настоящее оперто только на прошедшее, оно дурно оперто. Петр Великий торжественно доказал, что прошедшее, выражаемое целой страной, несостоятельно против воли одного человека, действующего во имя настоящего и будущего. Юридическая ирония многолетней давности не признается жизнью; совсем напротив, давность с точки зрения природы дает только одно право — право смерти.

Видите ли, я в ударе резонерствовать... Это действие деревенского *far niente*¹. Но бог с ней, с городской жизнью! Я и не думал об ней говорить: лучше, благо есть время, начну некогда обещанные письма о современном состоянии естествоведения.

Помните ли вы наши бесконечные споры студенческой эпохи, в которых обыкновенно с двух отвлеченных точек зрения мы стремились понять явление жизни и не могли никогда дойти не только до дельного результата, но даже до того, чтоб вполне понять друг друга? Так относятся к природе философия со своей стороны и естествоведение со своей — обе со странным притязанием на обладание если не всей истиной, то единственно истинным путем к ней. Одна прорицала тайны с какой-то недосыгаемой высоты, другое смиренно покорялось опыту и не шло далее; друг к другу они питали ненависть; они выросли во взаимном недоверии; много предрассудков укоренилось с той и другой стороны; столько горьких слов пало, что при всем желании они не могут примириться до сих пор. Философия и естествоведение отстрачивают друг друга тенями и привидениями, наводящими, в самом деле, страх и уныние. Давно ли философия перестала уверять, что она какими-то заклинаниями может вызывать сущность, отрешенную от бытия, — всеобщее, существующее без частного, бесконечное, предшествующее конечному, и пр.? Положительные науки имеют свои маленькие привиденья: это — силы, отвлеченные от действия, свойства, принятые за самый предмет, и вообще разные кумиры, сотворенные из всякого понятия, которое еще непонятно: *exempli gratia*² — жизненная сила, эфир, теплотвор, электрическая материя и пр. Все было сделано, чтоб не понять друг друга, и они вполне достигли этого. Между тем стало уясняться, что философия без естествоведения так же невозможна, как естествоведение без философии. Для того чтоб убедиться в последнем, взглянем на современное состояние физических наук. Оно представляется

¹ Ничего неделание. Прим. ред.

² Для примеса. Прим. ред.

самым блестящим; о чем едва смели мечтать в конце прошлого столетия, то совершенно или совершается перед нашими глазами. Органическая химия, геология, палеонтология, сравнительная анатомия распустились в наш век из небольших почек в огромные ветви, принесли плоды, превзошедшие самые смелые надежды. Мир прошедший, покорный мощному голосу науки, поднимается из могилы свидетельствовать о переворотах, сопровождавших развитие поверхности земного шара; почва, на которой мы живем, — эта надгробная доска жизни минувшей, — становится как бы прозрачной; каменные склепы раскрылись; внутренности скал не спасли хранимого ими. Мало того что полуистлевшие, полуокаменелые остовы обрастают снова плотью, палеонтология стремится¹ раскрыть закон соотношения между геологическими эпохами и полным органическим населением их. Тогда все, некогда живое, воскреснет в человеческом разумении, все исторгнется от печальной участи бесследного забвения, и то, чего юсть истлела, чего феноменальное бытие совершенно изгладилось, восстановится в светлой обители науки, — в этой светлой обители успокоения и увековечия временного. С другой стороны, наука открыла за видимым пределом целые миры невидимых подробностей; ей раскрылся тот monde de détails², о возможности которого генерал Бонапарте мечтал, беседуя в Каире с Монжем³ и Жоффрау Сент-Илером⁴. Естественный исследователь, вооруженный микроскопом, преследует жизнь до последнего предела, следит за ее закулисной работой. Физиолог на этом пороге жизни встретился с химиком; вопрос о жизни стал определеннее, лучше поставлен; химия заставила смотреть не на одни формы и их видоизменения, — она в лаборатории научила допрашивать органические тела о их тайнах. Сверх теоретических успехов успехи физических наук имеют громкие доказательства вне кабинетов и академий; они окружили вместе с механикой каждый шаг нашей жизни открытиями и удобствами. Они машинами, призыванием в дело сил, брошенных и теряющихся, упрощением сложных и трудных производств, указанием возможности тратить не более усилий, как сколько нужно для достижения цели, участвуют в разрешении важнейшего общественного вопроса: они подают средства отрешать руки человеческие от непрерывной тяжелой работы.

¹ Вспомните труды Агассиза над ископаемыми рыбами и труды Орбigny над слизняками и другими началами. Прим. автора.

² Мир подробностей. Прим. ред. соч. Герцена.

³ Гаспар Монж — создатель «Начертательной геометрии». Прим. ред. соч. Герцена.

⁴ Geoffroy St.-Hilaire, Notion de philos. naturelle, Paris 1838 г. Прим. автора.

Казалось бы, после этого естествоведению остается торжествовать свои победы и, в справедливом сознании великого совершенного, трудиться, спокойно ожидая будущих успехов; на деле не совсем так. Внимательный взгляд без большого напряжения увидит во всех областях естествоведения какую-то неловкость; им чего-то недостает, чего-то, не заменяемого обилием фактов; в истинах, ими раскрытых, есть недомолвка. Каждая отрасль естественных наук приводит постоянно к тяжелому сознанию, что есть нечто неуловимое, непонятное в природе; что они, несмотря на многостороннее изучение своего предмета, узлами его почти, но не совсем, и именно в этом недостающем чем-то, постоянно ускользающем, предвидится та отгадка, которая должна превратить в мысль и, следовательно, усвоить человеку непокорную чуждость природы. Сознание сказанного вкралось в самое изложение естественных наук; вы часто встретите среди удач и открытий грустную жалобу; увеличение знаний, не имеющее никаких пределов, обуславливаемое извне случайными отрывками, счастливым опытом, иногда не столько радует, сколько теснит ум. Пребывающая и поневоле признанная чуждость предмета, упорно не поддающаяся, сердит человека и вместе с тем влечет его к себе на непрерывную борьбу, на покорение, которого он сделать не в состоянии и оставить не может. Это — голос воющего разума, не умеющего останавливаться на полдороге, — голос самой *naturae regum*¹, стремящейся вполне просветлеть в мышлении человеческом. Вероятно, вы замечали, с какой поспешностью естествоиспытатели предупреждают о пределах своего воззрения, как бы страшась услышать вопросы, на которые они отвечать не могут; но такого рода границы несостоятельны; поставленные личной волей, они столько же внешни предмету, сколько забор, поставленный правом собственности, чужд полю, на котором стоит. Цеховые натуралисты громко и смело говорят, что им дела нет до самых естественных и законных требований разума, что человек не должен заниматься тем, чего нельзя разрешить². Большею частью смелость эта подозрительна: она происходит или от ограниченности, или от лени; у иных, однако, она имеет высшее начало для них, — это ложные утешения, которыми человек хочет отвести свои собственные глаза от зла, считаемого неизбежным. По несчастью, вопросам такого рода нельзя навязать камешков на шею, бросить их в воду и потом забыть о них; они, как упрек совести, как тень Банко, мешают наслаждаться пиром открытий.

¹ Природа вещей. Прим. ред. соч. Герцена.

² Кому нельзя? когда? почему? где критерий? Наполеон считал пределы невозможностью. Прим. автора.

сознанием истинных и прекрасных заслуг, напоминая, что нет полного успеха, что предмет не побежден... В самом деле, неужели можно успокоиться на предположении невозможности знания? Тут человеку науки остановиться и забыть так же не под силу, как скупому стяжателю знать о кладе, зарытом на его дворе, и не искать его. Ни один из великих естествоиспытателей не мог спокойно пренебрегать этой неполнотой своей науки; таинственное *ignotum*¹ мучило их; они относили к одному недостатку фактических сведений неуловимость его. Мы думаем, что сверх этого недостатка им мешает всего более робкое и бессознательное употребление логических форм. Естествоиспытатели никак не хотят разобрать отношение знания к предмету, мышления к бытию, человека к природе; они под мышлением разумеют способность разлагать данное явление и потом сличать, находить, располагать в порядке найденное и данное; для них критериум истины — вовсе не разум, а одна чувственная достоверность, в которую они верят; им мышление представляется действием чисто личным, совершенно внешним предмету. Они пренебрегают формой, методой, потому что знают их по схоластическим определениям. Они до того боятся систематики учения, что даже материализма не хотят как учения; им бы хотелось относиться к своему предмету совершенно эмпирически страдательно, наблюдая его; само собой разумеется, что для мыслящего существа это так же невозможно, как организму принимать пищу, не претворяя ее. Их мнимый эмпиризм все же приводит к мышлению, но к мышлению, в котором метода произвольна и лична. Странное дело, каждый физиолог очень хорошо знает важность формы и ее развития, знает, что содержание только при известной форме оживает стройным организмом, — и ни одному не пришло в голову, что метода в науке вовсе не есть дело личного вкуса или какого-нибудь внешнего удобства, что она, сверх своих формальных значений, есть самое развитие содержания — эмбриология истины, если хотите.

Этот странный силлогизм естественных наук не прошел им даром. Идеалисты беспрерывно ругали эмпириков, топтали их учение своими бестелесными ногами и не подвинули вопроса ни на один шаг вперед. Идеализм собственно для естествоведения ничего не сделал... Позвольте оговориться! Он разработал, он приготовил бесконечную форму для бесконечного содержания фактической науки; но она еще не воспользовалась ею: это — дело будущего... Мы на сию минуту говорим если не о совершенно прошедшем, то о проходящем моменте. Идеализм всегда имел в себе нечто, невыносимо дерзкое: человек, уверившийся

¹ Незнаемое. Прим. ред. соч. Герцена.

в том, что природа — вздор, что все временное не заслуживает его внимания, делается горд, беспощаден в своей односторонности и совершенно недоступен истине. Идеализм высокомерно думал, что ему стоит сказать какую-нибудь презрительную фразу об эмпирии, — и она рассеется, как прах. Вышние натуры метафизиков ошиблись: они не поняли, что в основе эмпирии положено широкое начало, которое трудно пошатнуть идеализмом. Эмпирики поняли, что *существование* предмета — не шутка; что взаимодействие чувств и предмета не есть обман; что предметы, нас окружающие, не могут не быть истинными потому уже, что они существуют; они обернулись с доверием к тому, что есть, вместо отыскивания того, что должно быть, но чего, странная вещь, нигде нет! Они приняли мир и чувства с детской простотой и звали людей сойти с туманных облаков, где метафизики возились с схоластическими бреднями; они звали их в настоящее и действительное; они вспомнили, что у человека есть пять чувств, на которых основано начальное отношение его к природе, и выразили своим воззрением первые моменты чувственного созерцания — необходимого, единственно истинного предшественника мысли. Без эмпирии нет науки — так, как нет ее и в одностороннем эмпиризме. Опыт и умозрение — две необходимые, истинные, действительные степени одного и того же знания; спекуляция — больше ничего как высшая, развитая эмпирия; взятые в противоположности, исключительно и отвлеченно, они также не приведут к делу, как анализ без синтеза или синтез без анализа. Правильно развиваясь, эмпирия непременно должна перейти в спекуляцию, и только то умозрение не будет пустым идеализмом, которое основано на опыте. Опыт есть хронологически первое в деле знания, но он имеет свои пределы, далее которых он или сбивается с дороги, или переходит в умозрение. Это — два магдебургские полушария, которые ищут друг друга и которых после встречи лошадьми не разорвешь. Несмотря на то, что правда сказанного нами довольно проста, она далека от того, чтоб быть позанннкой: антагонизм между эмпирией и спекуляцией, между естествоведением и философией продолжается. Чтоб понять это, надобно вспомнить время, когда естествоведение отторглось от философии: то было в торжественную и великую эпоху возрождения наук, когда поюневший человек снова почувствовал горячую кровь в жилах и начал своей мыслью обслуживать и изучать все, окружавшее его. С негодованием взглянули тогда все положительные, практические умы на схоластику; они, как всегда бывает при переворотах, забыли все ее заслуги и помнили один тяжкий ярем, который она накладывала на мысль, помнили, как она, уничтоженная, покорная, подавторитетная, занималась пустыми.

формальными интересами, и с ненавистью отвергли ее. Восстание против Аристотеля было началом самостоятельности нового мышления. Не надобно забывать, что Аристотель средних веков не был настоящий Аристотель, а переложенный на католические нравы, это был Аристотель с тонзурой. От него, канонизированного язычника, равно отреклись Декарт и Бекон. Посмотрите, с каким запальчивым пренебрежением химики XVIII в. говорят о школьных метафизиках и как радостно провозглашают права опыта, наблюдений, эмпирии, как они ничего знать не хотят вне чувственной достоверности, как они трепещут всего, напоминающего схоластические кандалы. Им стало легко и привольно, потому что они стали на землю, на которой человеку суждено стоять; у них была отыскана точка внешней опоры, точка отправления; они ревниво ее отстаивали и пошли своей дорогой, дорогой трудной, песчаной; они не боялись труда, — непреложная реальность их занятий увлекала их; природа, неистощимо богатая явлениями, довела надолго жадному любознанию; но, само собой разумеется, натуралисты должны были неминуемо прийти к пределам своего воззрения, потому что их воззрения были узки, и, в самом деле, пришли к ним; но страх схоластики превозмог: они не выступают из круга, добровольно ими самими замкнутого. Философии было легче дойти до истинных и действительных оснований логики, нежели поправить свою репутацию. Впрочем, это восстановление репутации она вполне может сделать только в наше время, — закваска схоластическая только теперь начинает выдыхаться из нее. Идеализм — не что иное как схоластика протестантского мира. Он никогда не уступал в односторонности эмпирии; он никогда не хотел понять ее и, когда понял, поневоле с важностью протянул ей руку, прощад ее, диктовал условия мира, в то время как эмпирия вовсе не думала у него просить помилования. Нет ни малейшего сомнения, что умозрение и эмпирия равно виноваты во взаимном непонимании, и дело теперь вовсе не в том, чтоб оправдать одну сторону за счет другой, но в том, чтоб, объяснив, как они попали в борьбу известной притчи Менения Агриппы, показать, что это — факт прошедший, принадлежащий гробу и истории, что продолжать эту борьбу обеим сторонам вредно и нелепо. И философия, и естествоведение выросли из временного антагонизма своего, имеют все средства в руках понять, откуда он вышел и в чем состояла его историческая необходимость, — одно только унаследованное чувство вражды может поддерживать обветшалые и жалкие взаимные обвинения. Им надобно объяснить во что бы то ни стало, понять раз навсегда свое отношение и освободиться от антагонизма: всякая исключительность тягостна, она не дает места свободному развитию. Но для этого

объяснения необходимо, чтобы философия оставила свои грубые притязания на безусловную власть и на всегдашнюю непогрешительность. Ей по праву действительно принадлежит центральное место в науке, которым она вполне может воспользоваться, когда перестанет требовать его, когда откровенно победит в себе дуализм, идеализм, метафизическую отвлеченность, когда ее совершеннолетний язык отучится от робости перед словами, от трепета перед умозаключением; ее власть будет признана тогда более, нежели признана она будет действительно; иначе: объявляй себя, сколько хочешь, абсолютной, никто не поверит, и частные науки останутся при своих федеральных понятиях¹. Философия развивает природу и сознание a priori, и в этом ее творческая власть; но природа и история тем и велики, что они не нуждаются в этом a priori, они сами представляют живой организм, развивающий логику a posteriori. Что тут за местничество? Наука одна: двух наук нет, как нет двух вселенных; спокон века сравнивали науки с ветвящимся деревом; сходство чрезвычайно верное: каждая ветвь дерева, даже каждая почка имеет свою относительную самобытность, их можно принять за особые растения; но совокупность их принадлежит одному целому, живому растению этих растений — дереву; отнимите ветви — останется мертвый пенек, отнимите ствол — ветви распадутся. Все отрасли ведения имеют самобытность, замкнутость, но в них непременно вошло нечто данное, вперед идущее, не ими узаконенное; они, — собственно, органы, принадлежащие одному существу; отделите орган от организма, и он перестанет быть проводником жизни, сделается мертвой вещью, и организм, в свою очередь лишенный органа, сделается искаженным трупом, кучею частиц. Жизнь есть сохраняющееся единство многообразия, единство целого и частей; когда нарушена связь между ними, когда единство, связующее и хранящее, нарушено, тогда каждая точка начинает свой процесс: смерть и гниение трупа — полное освобождение частей. Еще сравнение. Частные науки составляют планетный мир, имеющий средоточие, к которому он отнесен и от которого получает свет; но, говоря так, мы не забудем, что свет — дело двух моментов, а не одного; без планет не было бы солнца. Вот этого-то органического соотношения между фактическими науками и философией нет в сознании некоторых эпох, и тогда философия погрязнет в абстракциях, а положительные науки теряются в бездне фактов. Такая ограниченность рано или поздно должна найти выход: эмпирия перестанет бояться

¹ В истории все относительно абсолютно; безотносительно абсолютное — логическое отвлечение, которое за пределами логики тотчас делается относительным. Прим. автора.

мысли; мысль, в свою очередь, не будет пятиться от неподвижной чуждости мира явлений; тогда только вполне победится вне сущий предмет, ибо ни отвлеченная метафизика, ни частные науки не могут с ним совладеть: одна спекулятивная философия, вырожденная на эмпирии,—страшный горн, перед огнем которого ничто не устоит. Частные науки конечны, они ограничены двумя вперед идущими: предметом, твердо стоящим вне наблюдателя, и личностью наблюдателя, прямо противоположной предмету. Философия снимает логикой личность и предмет, но, снимая, она сохраняет их. Философия есть единство частных наук; они втекают в нее, они — ее питание; новому времени принадлежит воззрение, считающее философию отдельной от наук; это последнее — убийственное произведение дуализма; это — один из самых глубоких разрезов его скальпеля. В древнем мире беззаконной борьбы между философией и частными науками вовсе не было; она вышла рука об руку из Ионии и достигла своего апофеоза в Аристотеле¹. Дуализм, составлявший славу схоластики, носил в себе необходимым последствием расторжение на отвлеченный идеализм и отвлеченную эмпирию; он проводил свой беспощадный нож между самым неразрывнейшим, между родом и неделимым, между жизнью и живым, между мышлением и теми, которые мыслят; и у него по той и другой стороне ничего не оставалось или, хуже, оставались призраки, принимаемые за действительность. Философия, не опертая на частных науках, на эмпирии,—призрак, метафизика, идеализм. Эмпирия, довлеющая себе, вне философии,—сборник, лексикон, инвентарий или, если это не так, она неверна себе. Мы сейчас увидим это.

Факт, бросающийся с первого взгляда в физических науках, состоит в том, что естествоиспытатели только говорят, что они не выходят из эмпирии, а в сущности они почти никогда не остаются в ней; они выходят из пределов опытного ведения, не давая себе отчета, что делают: бессознательно итти в деле наук невозможно, не сбившись с дороги; для того чтоб действительно перейти пределы какого-либо логического момента, надобно, по крайней мере, понять, в чем именно ограниченность исчерпанной формы: ничто в свете не путает так понятий, как бессознательный выход из одного момента в другой. Пока естествоведение в самом деле остается в пределах эмпирии, оно превосходно дагерротипирует природу, оно переводит сущее, частное, феноменальное на всеобщий язык; это — подробный и необходимый кадастр недвижимого имущества науки, это — материал, способный

¹ Сократ смотрел на физические науки как-то вроде наших филологов; но это была временная размолвка. Прим. автора.

на дальнейшее развитие, которое, однако, может очень долго не быть: оставаться в пределах такой эмпирии, в самом деле, трудно, почти невозможно; на это надобно бездну воздержности, бездну самоотвержения, гениальность Кювье¹ или тупость какого-нибудь недалекого специалиста. Естествоиспытателям, так громко и непрерывно превозносящим опыт, в сущности описательная часть скоро надоедает. Им явным образом не хочется оставаться при одном добросовестном перечне; они чувствуют, что это не наука, стремятся замешать мышление в дело опыта, осветить мыслью то, что в нем темно, и тут обыкновенно они запутываются и теряются в худо понятых категориях, идут зря, не дают отчета в своих действиях, боятся выпустить из рук предмет, данный чувственной достоверностью, не замечая, что он давно уже изменился; боятся довериться мышлению, и невольно увлекаемые в поток диалектического движения разлагают предмет на его противоположные определения, утрачивая возможность соединить разъединенные начала. Стремление выйти из эмпирии совершенно естественно, — исключительность противна духу человеческому. Чисто эмпирическое отношение к природе имеет животное, но зато животное относится только практически к окружающему миру; оно не довольствуется страдательным рассматриванием естественных произведений и ест их или идет прочь. Человек чувствует непреодолимую потребность восходить от опыта к совершенному усвоению данного знанием; иначе это данное его теснит, его надобно *переносить* (subir), что несовместно с свободой духа. От того-то закоснелейшие враги логики и философии не могли уберечь себя от теоретических мечтаний, иногда не уступающих в нелепости самому трансцендентальному идеализму. Разве химики не имели своей «quint essentia²», своего «всемирного газа», своих теорий происхождения, своей теории флогистона и пр. Дело в том, что человек больше у себя в мире теоретических мечтаний, нежели в многообразии фактов. Собрание материалов, разбор, изучение их чрезвычайно важны; но масса сведений, не пережеванных мыслью, не удовлетворяет разуму. Факты и сведения представляют необходимые документы производимого следствия, — но суд и приговор впереди; он основан на документах, но произнесет *свое*. Факты — это только скопление однородного материала, а не живой рост, как бы сумма частей ни была полна. Эмпирики, понимая это инстинктуально, переходят к рассудочным отвлечениям, думая ими уловить целое по частям; таким образом они

¹ Жорж Кювье — создатель сравнительной анатомии и палеонтологии.
Прим. ред. соч. Герцена.

² Квинтэссенция. Прим. ред. соч. Герцена.

теряют предмет, сущий на самом деле, заменяя его отвлечениями, сущими только в уме. Если бы они откровенно доверялись мышлению, оно их вывело бы из односторонности той же диалектической необходимостью, которая заставила их от непосредственного бытия перейти к рассудочным посредствам; оно привело бы их к сознанию конечности такого знания, к сознанию нелепости остановиться в безвыходном круговороте причин и действий, в котором каждая причина — действие и каждое действие — причина, в странном разъединении формы и содержания, силы и проявления, сущности и бытия. Но они не доверяются мышлению; еще более: видя неудачные попытки добраться до истины путем рассудочного движения, они сильнее предубеждаются против всякого мышления; они раскаиваются в том, что потеряли время вне эмпирической сферы. Но зачем же они употребляют логические действия, не давая себе отчета в их смысле? Они воображают, что если они переходят из эмпирии к объяснениям, то весь предмет у них цел и сохранен; в то время как отвлеченные категории не имеют силы зачерпнуть его так, как он есть, рассудок, как гальванический снаряд, или вовсе не действует, или действует, разлагая на две противоположности, — который бы результат его ни взяли. Он односторонен, он — составная часть. В эту туманную среду рассудочного движения поднимаются эмпирики и не идут дальше, — между тем эта среда истинна только как переход, как путь, цель которого — быть пройденным; если бы поняли смысл рассудочной науки, тогда призрачная преграда между опытом и умозрением уничтожилась бы сама собой; теперь же эмпирия на философию и философия на эмпирию смотрят именно сквозь эту среду и видят друг друга с искаженными чертами: эмпирия, встречая усеченную, недействительную рассудочную истину, думает, что это — вина самого мышления; философия ее же принимает за результат опытного ведения. Остановиться на рефлексии хуже, нежели остановиться на эмпирии: все нелепое, все смешное, что вы встретите в физических науках, происходит именно от внешних размышлений и объяснительных теорий¹.

¹ Предоставляю себе впоследствии показать несколько разительных примеров теоретических нелепостей наук положительных; теперь укажу вам только на все существующие курсы физики: Био, Ламе, Гей-Люссака, Денре, Пулье и пр. и пр. Химия занимается больше делом; ее предмет конкретнее, эмпиричнее; но физика отвлеченнее по своим вопросам, и потому она представляет горжество объяснительных гипотетических теорий (т. е. таких, о которых вперед знает, что они — вздор). С самого начала в физике гибнет эмпирический предмет; являются одни общие свойства: материя, силы; потом вводятся какие-то внешние агенты: электричество, магнетизм и пр., даже бедную теплоту попробовали олицетворить в теплотворе, — преческий антропоморфизм природы, только сухой, неизящный. А теория света? Две

Натуралисты, дошедшие до рассудочного движения, воображают, что анализ, аналогия и наконец наведение как дальнейшее развитие обоих — единственные средства узнать предмет, оставляя его неприкосновенным, как он был; а этого-то именно и не нужно и невозможно. Во-первых, анализ не оставляет камня на камне в данном предмете и кончит всякий раз тем, что сведет данное эмпирией на отвлеченные всеобщности; он прав: он делает свое дело; не правы употребляющие его без отчета о его действии и останавливающиеся на нем. Во-вторых, желание оставить предмет как он есть и понять его, не разрешая в мысль, не только иллогизм, но просто нелепость, частный предмет, явление остается неприкосновенным, если человек, не думая о нем, смотрит на него, когда он к нему равнодушен; если он его назовет, то уже он не оставил его в сфере частных, а поднял во всеобщее. Как же понять смысл явлений, не вовлекая его в логический процесс (не прибавляя ничего от себя, как обыкновенно выражаются)? Логический процесс есть единственное всеобщее средство человеческого понимания; природа не заключает в себе всего смысла своего, — в этом ее отличительный характер; именно мышление и дополняет, развивает его; природа — только существование и отделяется, так сказать, от себя в сознании человеческом, для того чтоб понять свое бытие; мышление делает не чуждую добавку, а продолжает необходимое развитие, без которого вселенная не полна, — то самое развитие, которое начинается со стихийной борьбы, с химического сродства и оканчивается самопознающим мозгом человеческой головы. Хотят ум сделать страдательным приемником, особого

противоположные теории света, обе опровергаемые, обе признанные, потому что есть явления, которые объясняются по одной, а другие — по другой. И как его ни определяют: и жидкостью, и силой, и невесомым! Почему он жидкость, когда невесомый, да такая легкая жидкость? Отчего же гранит не считать претяжелой жидкостью? И что за жалкое определение невесомости! Свет, сверх того, и не пахучее? Сила — тоже не лучше! Почему не сказать: свет — действие? На силу все можно свести как на достаточную причину явления. Отчего звука никто не называет ни жидкостью, ни силой (хотя Гассенди и толковал об атомах звука)? Отчего никто не называет очертания тела невесомой формой его? На это возражат, что форма присуща телу, звук — сотрясение воздуха. А разве кто-нибудь видел все общество *imponderabilium* (невесомые) вне тел, так — самих по себе? «Да это все одни временные определения для того, чтобы как-нибудь не растеряться; мы сами этим теориям не придаем важности». Очень хорошо, но ведь когда-нибудь надобно же и серьезно заняться смыслом явлений; нельзя все шутить; принимая для практической пользы неосновательные гипотезы, наконец совершенно собьемся с толку. Эта метода делает страшный вред учащимся, давая им слова вместо понятий, убивая в них вопрос ложным удовлетворением. «Что есть электричество?» Невесомая жидкость. Не правда ли, что лучше было бы, если бы ученик отвечал: не знаю? *Прим. автора.*

рода зеркалом, которое отражало бы данное, не изменяя его, т. е. во всей его случайности, не усваивая, тупо, бессмысленно; а данное, сущее во времени и пространстве, хотят сделать деятельным началом, — это прямо противоположно естественному порядку. Оттого оно в самом деле никогда и не удастся: воображая ходить на голове, ходят на ногах. Объяснять внешним образом предмет — значит сознаваться, что нельзя его понять, объяснять предмет подобием — средство иногда полезное, но большей частью бедное: никто не прибегает к аналогии, если может ясно и просто высказать свою мысль. Недаром французы говорят: *comparaison n'est pas raison*¹. В самом деле, строго-логически ни предмету, ни его понятию дела нет, похожи ли они на что-нибудь или нет: из того, что две вещи похожи друг на друга известными сторонами, нет еще достаточного права заключать о сходстве неизвестных сторон. В какие грубые ошибки, например, впадала геология, желая обобщать факты, выведенные изучением альпийских гор, к другим полосам! Когда известен общий закон, то вы ищите его в частном случае не по одной аналогии с другими явлениями, но по логической необходимости. Часто аналогия вытесняет одно эмпирическое представление другим; это попросту называется отводить глаза. Вы ждете, например, объяснения, каким образом общее чувствительное передает нерву, нерв мышцам движение вашей души, а вам вместо понятия подсовывают образ музыканта, натянутых струн, передающих фантазию художника; простой вопрос усложняется; это подобное можно опять свести на что-нибудь подобное, и первоначальный предмет совершенно затеряется в сходстве: это та самая метода, по которой человеческий портрет рядом подобных копий сводится на изображение фрукта. Сюда же принадлежат насильно стесняемые представления, будто бы для вящей понятности: «Если мы представим себе, что луч света состоит из бесконечно малых шариков эфира, касающихся друг друга»... Зачем же я стану себе представлять, что свет солнца падает на меня так, как дети яйца катают, когда я уверен, что это не так? В физических науках принято за обыкновение допускать подобного рода гипотезы, т. е. условную ложь для объяснения; но ложь не остается вне объяснения (иначе она была бы вовсе не нужна), а проникает в него, и вместо истины получается странная смесь из эмпирической правды с логической ложью; эта ложь рано или поздно обличается и по справедливости заставляет сомневаться в истине, спаянной с нею. Химия и физика принимают атомы, — лет двадцать тому назад атомы состав-

¹ Сравнение — не доказательство. *Прим. ред. соч. Герцка.*

ляли основание всех химических исследований. Принимая их, вас предупреждают обыкновенно на первой странице, что естествоиспытателям, собственно, дела нет, в самом ли деле тела состоят из крупинок, чрезвычайно неделимых, невидимых, но имеющих свойства, объем и вес, или нет, — что их принимают так, для удобства. Таким ленивым принятием они сами уронили свою теорию; они виноваты в том, что прошедшая философия



Рис. 71. Ученой за работой с картины 1634 г.

нападала на атомизм с злым ожесточением; она рассматривала его в том бедном виде, в котором атомизм излагался во введениях к курсам физики и химии. Древние атомисты вовсе не шутили атомами; отправляясь от точки зрения, хотя односторонней, но необходимой в общем развитии, стройно и последовательно дошли до атомизма; атом был ими противопоставлен элеатическому воззрению, распускавшему в отвлечениях все сущее; в атомах они видели повсюдную средоточность вещества, бесконечную индивидуализацию его, для себя бытие, так сказать, каждой точки. Это один из самых верных, существенных моментов понимания природы: в ее понятии необходимо лежит эта

рассыпчатость и целостность каждой части, так же как непрерывность и единство; само собой разумеется, что атомизм не исчерпывает понятия природы (и в этом он похож на динамизм); в нем пропадает всеобщее единство; в динамизме части стираются и гибнут; задача в том, чтоб все эти для себя сущие искры слить в одно пламя, не лишая их относительной самобытности. Динамизм и атомизм явились при входе в нашу эру, торжественно, промадно, во всепоглощающей сущности Спинозы и в монадологии Лейбница. Это две величавые грани, это два геркулесова столба возродившейся мысли, воздвигнутые не для того, чтоб дальше нельзя было идти, а для того, чтоб нельзя было возвратиться назад. Мы будем иметь случай поговорить в следующих письмах о монадологии, об атомах Гассенди, — но вы уж из этого видите, что атомизм для мыслителей не был шуткой, что атомы представляли для них мысль, истину; атомизм составлял убеждение, верование Левкиппа, Демокрита и др. Физики же с первого слова согласны, что их теория, может быть, вздор, но вздор облегчительный. А почему же они предают атомы и соглашаются, что, может быть, вещество не из атомов. На том же прекрасном основании лени и равнодушия, на котором принимают всякого рода предположения. Если откровенно выразиться, то это можно назвать цинизмом в науке. Пулье говорит: «Может быть, вулканы выбросят когда-нибудь такие тела, у которых атомы будут видимы». Какое же понятие после этого сопрягает Пулье со словом «атом»? А между тем рядом с ними покровительница и благодетельница физики, математика, так логически, так ясно показывает сознательное, рациональное понимание подобных отвлечений. Математика говорит, что линия — бесконечное количество точек, в известном порядке расположенных; она принимает возможность бесконечной делимости пространства; но она понимает то, что говорит; она понимает не действительность, а отвлеченную возможность делимости; еще более, она вместе с тем понимает и непрерывное протяжение и то, что действительная форма есть форма стереометрическая; она с мыслью берет точку, линию, площадь и в сознанных ею пределах. Оттого ни один математик не ждет аэролита, у которого точки были бы заметны или у которого бы поверхность отваливалась от тела. Оттого математик никогда не станет делать опытов бесконечного деления, не станет ни драть слюды, ни капать чернил в бочку воды и после пугать детей расчетом, какая доля чернил в одной этой капле воды. Он знает, если бы бесконечная делимость была фактически возможной, то она не была бы бесконечной. Без всякого сомнения, математика ушла несравненно дальше в мышлении против физики; одна теория бесконечно малых доказы-

вает это; она не могла стереть с себя близость с логикой, несмотря на все старания; впрочем, не надобно забывать (так, как это делают математики), что она, от Пифагора начиная, была преимущественно развиваема философами: Декарт, Лейбниц, даже Кант оживили ее и, конечно, Лейбниц не случайно дошел от монадологии до дифференциалов... Но возвратимся к нашему предмету.

Натуралисты готовы делать опыты, трудиться, путешествовать, подвергать жизнь свою опасности, но не хотят дать себе труда подумать, порассудить о своей науке. Мы уже видели причину этой мыслебоязни; отвлеченность философии и всегдашняя готовность перейти в схоластический мистицизм или в пустую метафизику, ее мнимая замкнутость в себе, ее довольство, не нуждающееся ни природой, ни опытом, ни историей, должно было оттолкнуть людей, посвятивших себя естествоведению. Но так как всякая односторонность вместе с плодами производит и плевелы, то и естественные науки должны были поплатиться за узкость своего воззрения, несмотря на то, что оно было втеснено узкостью противоположной стороны. Боязнь ввериться мышлению и невозможность знать без мышления отразилась в их теориях: они личны, шатки, неудовлетворительны; каждое новое открытие грозит разрушить их; они не могут развиваться, а заменяются новыми. Принимая всякую теорию за личное дело, внешнее предмету, за удобное размещение частностей, натуралисты отворяют дверь убийственному скептицизму, а иногда и поразительным нелепостям. Явление гомеопатии, например, само по себе не удивительно: во все времена и во всех отраслях ведения были странные попытки новых учений, в которых непременно гнездится маленькая истина в огромной лжи; еще не удивительно, что дамам и парадоксальным умам понравилось лечить зернышками: они потому и поверили в гомеопатию, что она совершенно невероятна. Но как объяснить раскол, овладевший лет десять тому назад учеными врачами. Гомеопатические лечебницы устраивались, издавались журналы, в каталогах книг была особая рубрика «*Homeopatische Arznei-
kunde*». Причина одна: медицина, как и все естественные науки, при всем богатстве материалов наблюдений не идет до того конца развития, которого жаждет человек как животворного начала истины и которое одно может удовлетворить его. Естествоиспытатели и медики ссылаются всегда на то, что им еще не допущены, что у них еще не все факты собраны, не все опыты сделаны и т. д. Может быть, собранные материалы, в самом деле, недостаточны, даже наверное так, но не говоря о том, что фактов бесконечное множество и что сколько их ни собирай, конца все не дойдешь, это не мешает поставить надлежащим

образом вопрос, развиты ли ~~идеальные~~ ^{идеальные} требования, истинные понятия об отношении мышления к бытию¹.

Наращение фактов и углубление в смысл несколько не противоречат друг другу. Все живое, развиваясь, растет по двум направлениям: оно увеличивается в объеме и в то же время сосредоточивается; развитие наружу есть развитие внутрь: дитя растет телом и умнеет; оба развития необходимы друг для друга и подавляют друг друга только при одностороннем перевесе. Наука — живой организм, посредством которого отделяющаяся в человеке сущность вещей развивается до совершенного самопознания; у нее те же два роста; наращение извне наблюдениями, фактами, опытами — это ее питание, без которого она не могла жить; но внешнее приобретение должно *переработаться* внутренним началом, которое одно дает жизнь и смысл кристаллизующейся массе сведений. Приращение фактическое, подобно осаждающемуся раствору непрерывно растет, тихо, по песчинке набирает слои, не теряет ничего попавшего прежде, всегда готово принять новое, не делая, впрочем, для него ничего более приема; это развитие бесконечного успеха, движение прямолинейное, беспредельное, апатическое, утоляющее и усиливающее жажду в одно и то же время, потому что за рядами подробностей открываются новые ряды, и т. д.; *только* этим путем нельзя достигнуть полного и истинного знания, — а это есть исключительный путь фактических наук. Разум, действуя нормально, развивает самопознание; обогащаясь сведениями, он открывает в себе то идеальное средоточие, к которому все отнесено, ту бесконечную форму, которая все приобретенное употребит на пластическое самовыполнение, ту животворную монаду, которая своей мощью огибает около себя прямолинейный и бесконечный путь бесцельного эмпирического развития и дает ему мету не вне, а внутри себя; там и только там открывается человеку истина сущего, и эта истина — он сам как разум, как развивающееся мышление, в которое со всех сторон втекают эмпирические сведения, для того чтоб найти свое начало и свое последнее слово. Этот разум, эта сущая истина, это развивающееся самопознание, — назовите его философией, логикой, наукой или просто человеческим мышлением, спекулятивной эмпирией или как хотите, — непрерывно превращает данное эмпирическое в ясную, светлую мысль, улавливает себе все сущее, раскрывая идею его. У человека для понимания нет иных кате-

¹ Хотя Александр Македонский и посылал Аристотелю всяких животных, но он наверное знал их меньше, нежели Ламарк, что ему не помешало разделить животных на *Schorophora* и *Namatophora*, а это совпадает с *Vertebrata* (позвоночные) и *Avertebrata* (беспозвоночные) Ламарка.
Прим. автора.

горий, кроме категорий разума; частные науки, враждуя против логики, дерутся ее орудиями, даже переносят ошибки формальной логики к себе¹.

Странное положение естественных наук относительно мышления долго продолжиться не может: они до того богатеют фактами, что нехотя взгляд их делается яснее и яснее. Они неминуемо должны наконец будут откровенно и не шутя решить вопрос об отношении мышления к бытию, естествоведения к философии и громко высказать возможность или невозможность ведения истины, признать, что голова человека так устроена, что ей *только мерещится* истина, *кажется* такой, что она не может вполне знать или знает только субъективно, что, следовательно, знание человеческое — какое-то родовое безумие, и тогда с Секстом-эмпириком должно сложить руки и, хладнокровно улыбаясь, сказать: «какой вздор все это!» или понять все отталкивающее такого взгляда, понять, что разумение человека — не вне природы, а есть разумение природы о себе, что его разум есть разум, в самом деле, единый, истинный, так, как все в природе истинно и действительно в разных степенях, и что наконец законы мышления — сознанные законы бытия, что, следовательно, мысль несколько не теснит бытия, а освобождает его; что человек не потому раскрывает во всем свой разум, что он умен и вносит свой ум всюду, а, напротив, умен оттого, что все умно; сознав это, придется отбросить нелепый антагонизм с философией. Мы сказали, что фактические науки имели полное право отворачиваться от прежней философии; но эта односторонняя фаза, которой исторический смысл весьма важен, если не совсем миновала, то явно «агонизирует». Философия, не умевшая признать и понять эмпирию, хуже того, умевшая обойтись без нее, была холодна, как лед, бесчеловечно строга; законы, открытые ею, были так широки, что все частное выпадало из них; она не могла выпутаться из дуализма и наконец пришла к своему выходу: сама пошла навстречу эмпирии, а дуализм смиренно сходит со сцены в виде романтического идеализма, явления жалкого, бедного, безжизненного, питающегося чужой кровью. Эта школа — последняя представительница реформационной схоластики; она тщетно рвется к чему-то иному, недостижимому, несуществующему, к прекрасным девам без тела, к горячим объятиям без рук, к чувствам без груди... и о ней скоро скажут, как о безумной Козлова:

¹ Так, отвлеченные силы, причины, поляризация, оттолкновение и приращение — все это в физику перешло из логики, из математики и, разумеется, взятое без критики, без связи, утратило настоящий смысл своей прим. автора.

Ждала, ждала,

Не дождалась и умерла!

Мыслители и натуралисты начинают понимать, что им друг без друга нет выхода. Они часто, не зная того, встречаются в главных основаниях своих, останавливаются на тех же вопросах: что же мешает им вполне объясниться? Лени, готовые понятия, предрассудки, идущие из рода в род и равно сильные с обеих сторон. Предрассудки — великая цепь, удерживающая человека в определенном, ограниченном кружке окостенелых понятий; ухо к ним привыкло, глаз присмотрелся, и нелепость, пользуясь правами давности, становится общепринятой истиной. Стоит ли разбирать ее? Покойнее без думы, без обсуживания повторять унаследованные суждения, может быть, в свое время относительно справедливые, но пережившие свою истину. Цеховые ученые и философы приобретают известный круг понятий, известную рутину, из которой не могут выйти. Учениками еще принимают они на-веру основные начала и никогда не думают более об них: они уверены, что покончили с ними, что это — азбука, на которую смешно и не нужно обращать внимания. Из поколения в поколение передаются схоластические определения, разделения, термины и сбивают чистый и прямой смысл начинающего, закрывая ему надолго — часто навсегда — возможность отделаться от них. Не думайте, что одни ограниченные умы платят дань предрассудкам своей касты, — совсем нет! Когда Гёте открыл, описал, нарисовал человеческую между челюстную кость, знаменитый Кампер¹ сказал ему: «Все это прекрасно, но ведь *os intermaxillare*² не существует и человеческой челюсти». Рассказывая это, Гёте не вытерпел, чтоб не присовокупить³: «Может быть, назовут юношеской заносчивостью, когда непосвященный ученик осмеливается противоречить записному мастеру своего дела и старается доказать, что он вопреки ему прав; но многолетние опыты научили меня иначе понимать. Вечно повторяемые фразы костенеют в уме, наконец делаются неподвижными убеждениями, и органы воззрения становятся тупы... Бывали примеры, что отличные люди в своем ремесле (Handwerk) иной раз сворачивали несколько с торной колеи, но главной дороги они никогда не покидают; они боятся новых путей; им всетаки кажется вернее держаться старого». «Свежий человек, — говорит он в другом месте, — «не закуплен», его здоровый глаз сразу может увидеть то, чего приглядевшийся не видит

¹ Петр Кампер — голландский натуралист. Прим. ред. соч. Герцена.

² Между челюстная кость. Прим. ред. соч. Герцена.

³ *Göthe's Werke*, т. XXXVI, zur Osteologie etc. Прим. автора.

более». Сверх этого подчинения себя привычке и давно принятому, натуралистов останавливает, задерживает странное понятие о личном праге в науке: они истину изобретают так, как снаряды. Жоффруа Сент-Илер, гениальный человек, без всякого сомнения, чувствовал яснее других потребность опереть естествоведение на более твердых основаниях; он добирался до построившей идеи, до всеобщего типа, до единства в многообразии естественных произведений и пр. Но, заметьте, он все это хотел сделать помимо родового мышления человечества; он воображал, что он сам лично выдумает все это, требовал привилегии на открытие. Подобно ему каждый мыслящий естествоиспытатель придумывает от себя начало, берет в основу несколько мыслей, ему особенно нравящихся, проводит их через всю книгу, — и теория готова. Совершенная отрезанность естествоведения и философии часто заставляет целые годы трудиться для того, чтоб приблизительно открыть закон, давно известный в другой сфере, разрешить сомнение, давно разрешенное: труд и усилие тратятся для того, чтоб во второй раз открыть Америку, для того, чтоб проложить тропинку там, где есть железная дорога. Вот плод раздробления наук, этого феодализма, оккупывающего каждую полосу земли валом и чеканящего свою монету за ним. Философ знать не хочет факты, кичится невежеством практических интересов и как только начнет из своих всеобщих законов снисходить к частности, т. е. к действительности, теряется; эмпирик — наоборот.

Однако же с начала нашего века начало раздаваться слово примирение; оно раздавалось недаром: туман начинает падать. Рассказ главных событий этого замирения будет предметом будущих писем; теперь только несколько слов вообще.

К концу XVIII в. в тиши кабинетов, в годовых мыслителей готовился такой же грозный и сильный переворот, как в мире политическом. Состояние умов было страшно: — все кругом рушилось: общественный быт, понятия о добре и зле, доверие к природе, к человеку, к вере — и вместо утешения критическая философия и скептический эмпиризм. Два неверия, два скептицизма — и развалины кругом. Критическая философия нанесла страшный удар идеализму; сколько ни боролся против него эмпиризм, идеализм устоял; но вышел человек из среды его и тяжелым ударом поставил его на краю гроба. Велик был этот человек в своей беспощадной, неподкупной логике; распадение его с догматизмом было глубоко, обдуманно: он искал одной истины и не останавливался ни перед чем; он поставил эти страшные кавдинские фурукулы, называемые антиномиями, и хладнокровно прогнал под них святейшие достояния мысли человеческой. Вполне воскреснуть идеализму после Канта было не-

возможно, — разве в каких-нибудь частных, абнормальных явлениях; все склонилось перед гениальной мощью его. Но воззрение это тяжко; была сильна стоическая грудь Фихте, но и та не могла его вынести; невозможность безусловного знания клала непереходимую грань между человеком и истиной. От такого воззрения можно сойти с ума, впасть в отчаяние. Гердер, Якоби старались спасти от кантовского кораблекрушения идеи им милые и дорогие, но чувство — дурной оплот в логическом бою; наконец нашлась адамантовая трудь, спокойно и бесшумно противопоставившая критической философии свой глубокий реализм, это был Гёте. Он был одарен в высшей степени прямым взглядом на вещи: он знал это и на все смотрел сам; он не был школьный философ, цеховой учёный, он был мыслящий художник; в нем первом восстановилось действительно истинное отношение человека к миру, его окружающему; он собою дал естествоиспытателям великий пример. Без всяких дальних приготовлений он сразу бросается *in medias res*¹; тут он эмпирик, наблюдатель; но смотрите, как растёт, развивается из его наглядки понятие данного предмета, как оно развёртывается, опертое на свое бытие, и как в конце раскрыта мысль всеобъемлющая, глубокая. Прочитайте его *Metamorphose der Pflanzen*, прочитайте его остеологические статьи, и вы разом увидите, что такое реальное, истинное понимание природы, что такое спекулятивная эмпирия. Для него мысль и природа — *aus einem Guss*. «*Oben die Geister und unten der Stein*»², для него природа — жизнь, та же жизнь, которая в нем, и потому она ему понятна и, более того, она звучна в нем и сама повествует нам свою тайну. Вслед за ним из среды отвлеченной науки раздался голос, определявший истину единством бытия и мышления; он обращал философию к природе как к необходимому дополнению, как к своему зеркалу. Торжественно было зрелище возвращающегося на землю человечества в лице передовых людей своих — в лице поэта-мыслителя и мыслителя-поэта, склонявшихся на родную грудь общей матери. Это было разом возвращение блудного сына и спасение метафизика из ямы.

Шеллинг, как *Виргилий Данту*, только указал дорогу, но так указывает и таким перстом один гений. Шеллинг принадлежит к тем великим и художественным натурам, которые непосредственно, инстинктуально, вдохновенно овладевают истиной. В нем всегда что-то было родное Платону и Якову Бёму. Этот процесс ведения — тайна гения, а не науки; тайны этой он пере-

¹ В плуцу вещей. Прим. ред. соч. Герцена.

² Одно и то же: «сверху духи, внизу камень». Прим. ред. соч. Герцена.

дать не может так, как художник не может передать акта творчества: но вдохновенный язык его вызывает к истине и к пониманию, основываясь на предшествующем сочувствии человека к истине. Шеллинг — vates¹ науки. Гёте сознавал себя таким, каким он был; он в письмах к Шиллеру говорит, что у него нет никакой способности наукообразно развить свои мысли; он учит на деле, он до высочайшей степени практичен, он умеет спускаться в подробности, не теряя общего. Шеллинг, напротив, считал себя по превосходству философской, спекулятивной натурой и потому живое свое сочувствие и предведение старался заморить схоластической формой; он победил в себе идеализм не на деле, а только на словах. Его не практическая, не реальная натура всего яснее видна из того, что он, занимаясь по преимуществу философией природы, никогда не занялся положительным изучением какой-либо отрасли естественных наук. Его эрудиция опромна, но он знает энциклопедию естествоведения, он гениальный дилетант. Гёте, например, — специалист, когда это нужно, ученик в анатомическом театре, наблюдатель, рисовальщик; он работал, делал опыты, изучал практически целые годы остеологию; он знал, что без специальности общая теория все будет отзывать идеализмом; что собственный взгляд в естествоведении то же, что чтение источников в истории; оттого он вдруг внезапно открывает целый мир, совершенно новую сторону своего предмета. Эмпирики никогда не отрекались от Гёте: все великие мысли его приняты ими, оценены²; а Шеллинга, протягивавшего им руку философии, они не поняли и не признали. Натуралисты, последователи Шеллинга, взяли формальную сторону его учения; дух, веющий в его писаниях, не был ими схвачен; они не умели раздуть искры глубокого созерцания, рассеянные у него везде, в светлую струю пламени. Нет, они соорудили из его воззрения какое-то странное здание метафизико-сентиментальное; схоластическая сухость сочеталась у них с чисто-немецкой гемютлихкейт. Не то чтоб они наукообразно или систематически изложили по началам Шеллинга философию природы: они взяли две — три общих формулы, сухие и отвлеченные, и на них прикидывали все явления, всю вселенную. Эти формулы — точно мера в рекрутских присутствиях: кто бы ни взошел в нее, выйдет солдатом. Даже те из натурфилософов, которые принесли много пользы фактической части своей науки, не избегли ни формализма, ни сентиментальности. Возьмите, например, Каруса: он

¹ Прорицатель. Прим. ред. соч. Герцена.

² Например его мысль о том, что череп есть развитие позвонков; его превращение частей растения, os intermaxillare и сотни заметок остеологических. С. у Жоффруа Сент-Илера, Де-Кандоля и др. Прим. автора.

сделал бездну пользы физиологии, но что он пишет в своих общих взглядах, в введениях? Что за разглагольствование, что за мысли?! Жалеешь, что дельный человек так компрометируется. Выше их всех стоит Окен, но и его нельзя совершенно изъять. В природе Окена чуждо и тесно и сверх того не менее догматизма, как у других; видна широкая и многообъемлющая мысль, но в том-то и вина Окена, что она видна как мысль: природа как будто употреблена им для того, чтоб подтвердить ее. Естествоведение Окена явилось с немецким притязанием на безусловное значение, на оконченную архитектонику. Вспомните замечание, сделанное нами выше, что идеализм делается недоступен ничему, кроме своей *idée fixe*; он не уважает настолько фактический мир, чтоб покоряться его возражениям.

Не помню, где и когда я читал какую-то статью Эдгара Кинё² о немецкой философии: статья не очень важная, но в ней было интересное сравнение немецкой философии с французской революцией. Кант — Мирабо, Фихте — Робеспьер, а Шеллинг — Наполеон; вообще это сравнение не чуждо некоторой верности: я сам готов сравнить Шеллинга с Наполеоном, только обратно Эдгару Кинё: ни империя Наполеона, ни философия Шеллинга устоять не могли — и по одной причине: ни то, ни другое не было вполне организовано и не имело в себе твердости ни отрезаться от прошлых односторонностей, ни идти до крайнего последствия. Наполеон и Шеллинг явились миру, провозглашая примирение противоположностей и снятие их новым порядком вещей. Во имя этого нового порядка вещей признали Бонапарте императором, пушечный дым не помешал наконец разглядеть, что Наполеон остался в душе человеком прошедшего. Исторический маскарад à la Charlemagne³ (в котором Наполеон оделся очень не к лицу, окруженный своими герцогами-смолатами, была *integredia buffa*⁴, за которой следовало Ватерлоо с настоящим герцогом во главе. Шеллинг в своей области поступал так, как Наполеон: он обещал примирение мышления и бытия, но, провозгласив примирение противоположных направлений в высшем единстве, остался идеалистом, в то время, как Окен учреждал шеллинговское управление над всей природой и «Изида»⁵ — «Монитор»⁶ натурфилософии — громко возвещала свои победы. Шеллинг одевался в Якова Бёма и начинал задумывать реакцию

² Эдгар Кинё — французский историк и поэт. Прим. ред. соч. Герцена.

³ Под Карла Великого. Прим. ред. соч. Герцена.

⁴ Комический дивертисмент. Прим. ред. соч. Герцена.

⁵ Немецкий журнал. Прим. ред. соч. Герцена.

⁶ «Moniteur» (Вестник), так называлась одно время официальная газета во Франции. Прим. ред. соч. Герцена.

*тому себе для того, между прочим, чтоб не сознаться, что он обойден. Шеллинг вышел вверх ногами поставленный Бём, так, как Наполеон — вверх ногами поставленный Карл Великий. Это худшее, что может быть, потому что чрезвычайно смешно. Яков Бём, полный мистического созерцания, выходит во все стороны к глубокому философскому воззрению, и если его язык труден и заключен в схоластико-мистической терминологии, тем удивительнее гениальность его, что он умел этим шлоуком языком высказать великое содержание своей мысли; живя в начале XVI столетия, он имел твердость не останавливаться на букве, имел мужество принимать консеквенции, страшные для боязливой совести того века; мистицизм не только не подавлял его мощного разума, но окрылял его. Шеллинг, совсем напротив, сделал опыт от глубокого наукообразного воззрения спуститься к мистическому сомнамбулизму, — мысль заделать в иероглиф. Следствие этого было очень печальное: люди истинно религиозные и люди нерелигиозные отреклись от него и уступили ему маленькую Эльбу в берлинском университете. Очен остался один с «Изидой». Неудачная борьба с естествоиспытателями, их неприятная манера возражать фактами сделали его капризным, ожесточили. Он неохотно говорит с иностранцами о своей системе; он пережил эпоху полной славы ее и разве в тиши готовит что-нибудь... Надобно надеяться, по крайней мере, что он не попробует писать зоологию стихами, как, было, придумал Шеллинг для своей теории. Все успехи в естествоведении совершались вне натурфилософии. Эмпирики не доверяли ей, боялись ее трудного языка, ее общих взглядов, ее практического настроения, ее восторженной сентиментальности. Кювье предостерегал Парижскую академию наук от зарейских теорий; Кузен еще радикальнее предостерегал своими лекциями от распространения во Франции идеализма. Впрочем, французы одарены таким верным взглядом на вещи, что их нельзя сбить с толку. Они скоро поймут германскую науку. Будьте уверены: не тупость французов причиной, что германская наука не переплывала Рейна.

Первый пример наукообразного изложения естествоведения представляет гегелева «Энциклопедия». Его строгое, твердо проведенное воззрение почти современно Шеллингу (он читал в первый раз философию природы в 1804 г. в Иене); им замыкается блестящий ряд мыслителей, начавшийся Декартом и Спинозой. Гегель показал предел, далее которого германская наука не пойдет; в его учении явным образом содержится выход не только из него, но вообще из дуализма и метафизики. Это было последнее, самое мощное усилие чистого мышления, до того верное истине и полное реализма, что, вопреки себе, оно беспрепятственно и везде перегибалось в действительное мышление. Стро-

гие очертания, гранитные ступени энциклопедии не стесняют содержания так, как борт корабля не мешает взору погружаться в бесконечность моря. Правда, логика у Гегеля хранит свое притязание на неприкосновенную власть над другими сферами, на единую, всему довлеющую полноту; он как-будто забывает, что логика потому именно не жизненная полнота, что она ее победила в себе, что она *отвлеклась* от временного; она отвлечена потому, что в нее вошло одно вечное; она отвлечена потому, что абсолютна; она — знание бытия, но не бытие; она выше его, и в этом ее односторонность. Если бы природе достаточно было знать, — как подчас вырывается у Гегеля, — то, дойдя до самопознания, она сняла бы свое бытие, пренебрегла бы им; но ей бытие так же дорого, как знание: она любит жить, а жить можно только в вакхическом кружении временного; в сфере всеобщего шум и плеск жизни умолк; гений человечества колеблется между этими противоположностями; он, как Харон, беспрестанно перевозит из временной юдоли в вечную; эта переправа, это колебание — история, и в ней собственно все дело, а совсем не в том, чтоб переехать на ту сторону и жить в отвлеченных и всеобщих областях чистого мышления. Не только сам Гегель понимал это, но Лейбниц полтора века назад говорил, что монада безвременного, конечного бытия расплывается в бесконечность при полной невозможности определиться, удержать себя: Гегель всей логикой достигает до раскрытия, что безусловное есть подтверждение единства бытия и мышления. Но как дойдет до дела, тот же Гегель, как и Лейбниц, приносит все временное, все сущее на жертву мысли и духу; идеализм, в котором он был воспитан, который он всосал с молоком, срывает его в односторонность, казенную им самим, и он старается подавить духом, логикой природу: всякое частное произведение ее готов считать призраком, на всякое явление смотрит свысока.

Гегель начинает с отвлеченных сфер для того, чтоб дойти до конкретных; но отвлеченные сферы предполагают конкретное, от которого они отвлечены. Он развивает безусловную идею и, развив ее до самопознания, заставляет ее раскрыться временным бытием; но оно уже сделалось ненужным, ибо помимо его совершен тот подвиг, к которому временное назначалось. Он раскрыл, что природа, что жизнь развивается по законам логики; он фаза в фазу проследил этот параллелизм, — и это уж не шёллинговы общие замечания, рапсодические, не связанные, а целая система, стройная, глубокомысленная, резанная на меди, где в каждом ударе отпечатлелась гигантская сила. Но Гегель хотел природу и историю как *прикладную логику*, а не логику как *отвлеченную разумность* природы и истории. Вот причины, почему эмпирическая наука осталась так же хладнокровно глуха

к энциклопедии Гегеля, как к диссертациям Шеллинга. Нельзя отрицать глубокого смысла и верного взгляда этих жалких эмпириков, над которыми так заносчиво издевался идеализм. Эмпирия была открытой протестацией, громким возражением против идеализма, — такой она и осталась: что ни делал идеализм — эмпирия отражала его. Она не уступила шагу¹. Когда Шеллинг проповедывал свою философию, большая часть философов думала, что время сочетания науки мышления с положительными науками настало; эмпирики молчали. Философия Гегеля совершила это примирение в логике, приняла его в основу и развила через все обители духа и природы, покоряя их логике, — эмпиризм продолжал молчать. Он видел, что прародительский грех схоластики не совершенно стерт еще. Без сомнения, Гегель поставил мышление на той высоте, что нет возможности после него сделать шаг, не оставив совершенно за собой идеализма; но шаг этот не сделан, и эмпиризм хладнокровно ждет его; зато, если дождется, посмотрите, какая новая жизнь разольется по всем отвлеченным сферам человеческого ведения! Эмпиризм, как слон, тихо ступает вперед, зато уже ступит хорошо.

Смешно винить не только Гегеля, но и Шеллинга, что они, сделав так много, не сделали еще больше; это была бы историческая неблагодарность. Однако нельзя же не сознаться, что как Шеллинг не дошел ни до одного верного последствия своего воззрения, так Гегель не дошел до всех откровенных и прямых результатов своих начал, — *impliciter*² в нем все они предсуществуют, — все сделанное после Гегеля состоит только в развитии того, что не развито у него. Гегель понимал действительное отношение мышления к бытию, но понимать не значит вполне отречься от старого: оно остается в нравах, в языке, в привычке. Пути отвлечений он понял свою отвлеченность и удовлетворился этим пониманием. Никто из рожденных в плену египетском не вошел в обетованную землю, потому что в их крови оставалось нечто невольническое: Гегель своим гением, мощью своей мысли подавляя египетский элемент, и он остался у него больше дурной привычкой; Шеллинг же был подавлен им. Гёте не подавлял и не был подавлен!

Но пора заключить мое длинное послание.

Признаюсь откровенно, что, принимаясь писать к вам, я не сообразил всей трудности вопроса, всей бедности сил и знаний,

¹ Нужно ли повторять, что эмпиризм в крайностях своих нелеп, что его ползанье на четвереньках так же смешно, как нетопырь полеты идеализма: одна крайность вызывает всегда такую же крайность с противоположной стороны. *Прим. автора.*

² Скрытно. *Прим. ред. соч. Герцена.*

всей ответственности прийтись за него. Начав, я увидел ясно, что не в состоянии исполнить задуманного, однако не бросаю пера. Если я не могу сделать то, что хотел, буду доволен тем, если сумею возбудить любопытство узнать ясно и в связи то, о чем расскажу рапсодически и бедно. Польза от такого рода Vorstudien¹, как эти письма, только приготовительная; она зна-комит общим образом с главными вопросами современной науки.



Рис. 72. Аллегория опаснос и распространяемых книгами знаний. Мало
иск-ности (в ремесле) и много книг
Это годится лишь для глупых людей. Тому нужно много книг, кто живет
как хороший христианин и праведно поступает, Гравюра из книги 7620,

устраняя ложные и неверные мнения, обветшалые предрассудки и делает доступнее науку. Наука кажется трудной не потому, чтоб она была в самом деле трудна, а потому, что иначе не дойдешь до ее простоты, как пробившись сквозь тьму тем готовых понятий, мешающих прямо видеть. Пусть входящие вперед знают, что весь арсенал ржавых и негодных орудий, доставшихся нам по наследству от схоластики, негоден, что надобно пожертвовать вне науки составленными воззрениями, что, не отбросив все *полулжи*, которыми для понятности облачают *полуистины*, нельзя войти в науку, нельзя дойти до целой истины.

Что касается до главных оснований, они не мои: они принадлежат современному воззрению на науку и тем сильным органам, которыми оно оглашается. Мое — только изложение и добрая

¹ Предварительное изучение. *Прим. ред. соч. Герцена.*

воля. Один принц, эмигрант, раздавая, помнится, в Митаве, табакерки и перстни, присланные ему императрицей Екатериной, присовокуплял: „De ma part ce R'est que le mouvement du bras et la bonne volonté“¹, — я повторяю вам его слова².

Письмо пятое

СХОЛАСТИКА

(Стр . 113—115)

... Многие воображают, что последние три столетия так же отделены от средних веков, как средние века от древнего мира; это несправедливо; века реформации и образованности представляют последнюю фазу развития католицизма и феодальности; может быть, они во многом перешли круг, которого очертавание сделано было из Ватикана, но тем не менее они представляют органическое продолжение предыдущего; все основы социализма западноевропейского остались неприкосновенными, христианство осталось нравственной основой жизни; новое понятие о праве выросло на той же почве римского, канонического и варварского права; различие его состояло не в различии оснований, а в ином (часто произвольном) толковании их, более сообразном с новой степенью образованности. Ни Лютер, ни у Сократа, у Платона, переходивших во многом цикл афинской Вольтер не провели огненной черты между бывшим и новым, как Августин; у них такая черта не имела бы смысла точно так, как

¹ «С моей стороны — здесь только движение руки и добрая воля».
Прим. ред. соч. Герцена.

² Может быть не вовсе излишним будет обратить внимание читателей, что слова «идеализм», «метафизика», «отвлечение», «теория» принимаемы были в том крайнем значении, где они ложны, исключительны. Если эти слова принять в смысле более общем, взятом не из исторического определения, если им подсунуть определения идеальные, выйдет не то; но я прошу тогда вспомнить, что я их не в том смысле принимаю; для меня эти слова — лозунги, знамена одностороннего направления, указывающие сразу большое место. Разумеется, Аристотель не в этом смысле употреблял слово «метафизика»; всякого человека, рассматривающего природу не как съестной припас, а как нечто познаваемое, можно назвать метафизиком так, как всякого мыслящего — идеалистом. Я счел обязанностью сказать в каких пределах приняты мною эти слова. Если они не нравятся, пусть читатель заменит их другими — *le fond de la chose* (суть дела) остается то же, а мне только в нем и дело. Еще одно замечание: Гегелево воззрение не принято и неизвестно в положительных науках; о методе его едва знают во Франции, но тем не менее гегелизм имел большое влияние на естествоведение, — влияние, которого источник натуралисты не могут узнать, но которое очевидно и в Либихе, и в Бурдахе, и в Распайле, и во многих других, хотя большая часть их встретится, наверное, от сказанного нами. Они сами не знают, как приняли в себя из окружающей среды то направление, в котором ведут науку. Постараюсь в одном из последующих писем доказать сказанное здесь. *Прим. автора.*

жизни, но принадлежавших к ней. Противоположность христианского воззрения с древним требовала не переделки, а пересоздания. Древний мир, чувственный, художественный, все принимавший с легкостью и с юношеской улыбкой, везде пробивался к мысли и нигде не мог отрешиться от непосредственности, нигде не умел идти до крайних выводов. Его наука была поэма, его искусство было религией, его понятие о человеке не разделялось с понятием гражданина, его республика поддерживалась страшно задавленной кариатиadou невольничества, его нравственность состояла из юридических обязанностей¹; он уважал в согражданине монополию, привилегию, а не человеческую личность его. Юношеский мир этот был увлекательно прекрасен и с тем вместе непростительно легкомыслен; философствуя, он отталкивал важнейшие вопросы, потому что они не так легко разрешались, или удовлетворялся легкими решениями их; утопая в роскоши и наслаждениях, он не думал о темном подвале, в котором стонут в колодках рабы, возвратившиеся с поля. Вдруг прелестные декорации, ограничивавшие горизонт древнего мира, исчезли, — открылась бесконечная даль, которой и не подозревал мир гармонической соразмерности; основы его показались мелки в этом безбрежии, а лицо человека, потерянное в гражданских отношениях древнего мира, выросло до какой-то недостижимой высоты, искупленное словом божим. Непосредственные и гражданские определения оказались второстепенными; личность христианина стала выше сборной личности города; ей раскрылось все бесконечное достоинство ее, — евангелие торжественно огласило права человека, и люди впервые слышали, что они такое. Как было не перемениться всему! Древняя любовь к отечеству, высокая и прекрасная, но ограниченная и несправедливая, заменяется любовью к ближнему, узкая национальность — единством в вере; Рим с гордостью удаивал избранных правом своего гражданства, — христианство предлагало всем крещение водой. Древний мир верил безотчетно в природу, в ее действительность, принимал ее как факт, принимал, потому что видел своими глазами; для него природа была все, за ее пределами — ничего; он видел во временном естественном вечное и духовное, он видел в красоте высшее выражение высшего, никогда не мог оторваться от природы, — и оттого никогда не знал ее. Новый мир именно в материальную природу, в явления и не верил; он отвергал действительность преходящего, верил событию духовному, принима-

¹ Если некоторые мыслители стояли выше общественного мнения о нравственности, то это только значит, что они уже перешли предел древнего воззрения. В этом отношении, может быть, Сенека всех выше, — потому-то и стоит на самом краю древнего мира. *Прим. автора.*

мал красоту за низшее выражение высшего, не был пластичен, чувствовал свой разрыв с природой и стремился к духовному примирению с ней в мышлении, к искуплению природы в себе. Древний мир жил в настоящем, вспоминал часто бывшее, но о будущем не думал; а если и являлась страшная мысль рока, преследовавшая его беспрестанно, то это для того, чтобы толкнуть человека к наслаждениям советом вроде *pop cugiatu l'incerto domani*¹ — застольной песни из «Лукреции»²; оттого — этот упительный, чувственный *bien être* в жизни, эта роскошь в наслаждениях, эта страстная нега, доходящая до поэтической увлекательности и до ствратительной животности, в сравнении с которой наш комфорт жалок и наш разврат смешон. Для древнего мира как-будто не было жизни за гробом; Ахилл сказал Улиссу в преисподней, что он пошел бы в рабы, лишь бы на землю; мысль о смерти иногда страшила их, мысль о будущей жизни почти вовсе не занимала никого. Вера в бессмертие сделалась, напротив, одной из краеугольных основ христианства; признавая вечность свою и преходимость естественного, человек совсем иначе взглянул на все окружающее его. «Два града сделали две любви: земной град — любовь к себе до пренебрежения богом; град небесный — любовь к богу до пренебрежения собою» (*De Civ. Dei*).

.....

(Стр. 116—124)

Научный интерес того времени сосредоточился в схоластике. Схоластика — неловкий, жесткий и сухой амфибий — заменяла истинную науку до самых времен негодующего беспокойства и освобождения теоретической деятельности в XVI в. Отношение свое к истине и к предмету схоластика определяла странно, чисто формально и совершенно несамостоятельно. Не думайте, чтоб схоластика была вообще христианской мудростью, — нет, ее ищите в отцах церкви первых веков, особенно восточных. Схоластика была и не вполне религиозна и не вполне наукообразна; от шаткости в вере она искала силлогизма, от шаткости в логике она искала верования; она предавала свой догмат самому щепетильному умствованию и предавала умствование самому буквальному принятию догмата. Она одного боялась, как огня: самобытности мысли; ей лишь бы чувствовать помочи Аристотеля или другого признанного руководителя. О естествоведении не может быть и речи, схоластика так презирала природу, что не могла заниматься ею; природа страшно противоре-

¹ «Не будем заботиться о неверном завтра». *Прим. ред. соч. Герцена.*

² «Лукреция Борджиа», опера Доницетти. *Прим. ред. соч. Герцена.*

чила их дуализму; природа не брала участия в бесконечных спорах схоластиков; какого же она могла ожидать участия от них, убежденных, что высшая мудрость только и существует в их определениях, разделениях и пр.? Вообще они считали природу подлой рабой, готовой исполнять своевольную прихоть человека, потворствовать всем нечистым побуждениям, отрывать от высшей жизни, и в то же время они боялись ее тайного демонического влияния, уверенные, что вся вселенная находится в личных отношениях с каждым человеком, неприязненных или миролюбивых. Ясно, что вместо естествоведения явились астрология, алхимия, чародейство. С ограниченной точки зрения схоластического дуализма значение всего естественного определялось превратно: все хорошее отнимали у природы и ставили вне ее, хотя никто и не спрашивал, где собственно ее пределы; все естественное, физическое покрывали завесой, стыдились тела, в нем видели распутную наложницу духа и скорбели об этой связи. Люди того времени представляли себе внутри земного шара Люцифера, жующего Иуду и Брута, к которым тяготит все тяжелое мира вещественного и все злое мира нравственного. Они хотели испрять ногами, уничтожить временное, хотели не знать его; дуализм схоластики не имеет в себе ничего всхкорбящего, примиряющего, исполненного любви, хотя говорит об ней очень много; это — апофеоз отвлеченного, формального мышления, апофеоз личности эгоистической, сознавшей достоинство свое, но недостойной еще понять его не правом пренебрежения природой, а правом освобождения себя и природы в действительном, вселюбящем мышлении. Схоластики не уразумели настолько христианства, чтоб понять искупление не отрицанием конечного, а спасением его. Христианство снимает собственно дуализм — суровое воззрение католических теологов не могло постигнуть этого¹. Заметьте, это — одна из существеннейших ошибок западного воззрения, вызвавшая впоследствии только сильное противодействие. Оно придало средним векам их угрюмый, натянутый, темный характер. Мир схоластический печален; это — мир искуса, мир уничтожения всего непосредственного, мир скучного формализма и мертвенного взгляда на жизнь; мысль перестала быть «доблестной потребностью», как называл ее Аристотель; она мучит, терзает средневекового человека; она сознала всю мощь раздвоения и прошла между сердцем и умом, между подлежащим и сказуемым, между духом и материей, желая все торжество предоставить внутреннему и им посрамить все внешнее. Единство бытия и мышления шло так же вперед у древних,

¹ Апостол Павел к коринфянам говорит: «Вся тварь ждет искупления». Этого не хотели понять схоластики. Прим. автора.

как их противоречие у схоластиков; иначе не возникли бы и знаменитые споры неминалистов и реалистов. Пример какого-нибудь Рожера Бэкона, не презиращего опыта, какого-нибудь Раймунда Луллия¹, бросающегося между тысячью фантастическими и поэтическими затеями на химию, ничего не доказывает; такие отрывочные явления не имеют связи со всем окружающим; рассудочный, сухой спиритуализм, буквальные толкования, логические уловки, диалектические дерзости и раболепие перед авторитетом — таков характер схоластики до реформации, до XVI в. В конце этого века погиб Петр Рамюс за то, что смел восстать против Аристотеля; Джордано Бруно и Валини² были казнены за их ученые убеждения; один в 1600, другой в 1619 г. Какая же действительная наука могла развиться в этой душной и узкой атмосфере? Одна формалистика — бедный плющ, выросший на тюремной опраде, — прозябала в ней; ее томный, лунный свет был без теплоты и самобытности; ее вопросы³ были так далеки от жизни и так мелочны, что равнивая цензура папская выносила ее. Ученые занятия в это время получили характер чисто книжный, которого они в древнем мире не имели; кто хотел знать, — развертывал книгу, от жизни же и от природы отворачивался. Схоластики искали истину позади себя, они хотели ей *выучиться*, они думали, что она целиком написана и, разумеется, не двигались вперед. Характер этот частью перешел в кровь немецких ученых.

Наконец после тысячелетнего беспокойного сна человечество собрало новые силы на новый подвиг мысли; в XV в. пробуждаются иные требования, тянет утренним воздухом. Настала эпоха переделывания. Внимание людей обращалось более и более на реальные предметы, на морские путешествия, совершенные тогда на новую часть земного шара, на странную и отчасти обидную для схоластиков мысль Коперника, на то тихое, незаметное открытие, сделанное в душной мастерской, перед горном, за станком литейщика, о котором алхимик Клод Фролло сказал смиренному аббату *beati Martini*: «*Ceci tuera cela*»⁴; но оно убило не зодчество, а темноту. В Италии всего ранее раздалась но-

¹ Раймонд Луллий — испанский алхимик и писатель. *Прим. ред. Соч. Герцена.*

² Предметы споров у схоластиков иногда поразительны; например: «Адам в первобытном состоянии знал ли *Liber sententiarum* Петра Ломбардского * или нет? *Прим. А. И. Герцена.*

³ То будет убито этим. *Прим. ред. Соч. Герцена.*

Знаменитый схоластик XII в. Главное его творение: Книга «сентенций», имевшая очень большое влияние. *Прим. ред.*

тель классического искусства и поэт на вульгарном наречии¹. Хотел восстановить его; ему рукоплескала Петрарка, восстановитель классического искусства и поэт на вульгарном наречии². Греки наезжали из Византии и привозили с собой руны, сгоревшее у них в продолжение десяти веков. Друг Козьмы Медичи, Марзилий Фицин, превосходно переводил Платона, Прокла и Плотина. Самое изучение Аристотеля получило новый характер; доселе Аристотель был каким-то подавляющим гнетом, его изучали формально, механически, по уродливым переводам; теперь взяли подлинник. Правда, умы были до того развращены схоластикой, что ничего не умели понимать просто; чувственное воззрение на предметы было притуплено, ясное сознание казалось пошлым, а пошлая логомахия без содержания, опертая на авторитеты, была принимаема за истину; чем узорчатее, щеголеватее, непонятнее были формы, тем выше ставили писателя. Томы вздорных комментариев писались об Аристотеле; таланты, энергия, целые жизни тратились на самую бесполезнейшую логомахию; но между тем горизонт расширялся; собственное изучение древних писателей поневоле заносило мысли, свежие и живые; влияние их было неизмеримо. Слабая, непривычная к самомышлению, ленивая и формальная способность средневековых умов не могла сама собой отрешиться от безжизненной формалистики своей; у нее не было человеческого языка, на котором можно было бы говорить дело; наконец ей было стыдно говорить о деле, потому что она считала его вздором.

Вдруг найдена чужая речь, готовая, стройная, выражавшая превосходно то, чего схоластические доктора и не умели и не смели высказать; мало этого — чужая речь опиралась на славные имена. Чувствующие свое несовершеннолетие нашли новые авторитеты и восстали против старых. Все заговорило цитатами из *Виргилия*, *Цицерона*, а от Аристотеля, напротив, стали отрезаться. Патрици² представил в половине XVI в. папе Григорию XIV сочинение, в котором обращал его внимание на противоречие аристотелевского учения с церковью; этого противоречия не заметили лет пятьсот к ряду добрые схоластики и доказывали догматы Аристотелем, Аристотеля — догматами. Наконец в одном из древнейших средоточий схоластики, и чуть ли не в самом главном, в Париже, явился Гусс перипатетизма — Пьер la Ramée³ и объявил, что он против всех готов защищать тезис:

¹ Т. е. на ученом латинском языке. Прим. ред. соч. Герцена.

² Кола (Николай) Риенци — знаменитый римский трибун XIV в. Прим. ред. соч. Герцена.

³ Франческо Патрици — итальянский поэт и философ. Прим. ред. соч. Герцена.

⁴ Это было прозвище Петра Рамюса. Прим. ред. соч. Герцена.

«Все учение Аристотеля ложно». Крик негодования раздался между учеными, он дошел до дворца Франциска I; король назначил над ним суд, для того чтобы осудить его. Рамос защищался, как лев, но пощады не было; его прогнали, обвинили, и он после этого пошел скитаться по всей Европе, изгоняемый и преследуемый, бранясь, переезжая с места на место. Пятьдесят лет боролся этот человек с Аристотелем и наконец погиб в борьбе. Он проповедывал против Стагирита точно так же, как гугеноты проповедовали против папы. Сходство его с протестантами очень велико; он был прозаичнее, — может быть, пошлее, плоче своих врагов, плоче многих комментаторов Аристотеля (Помпоначио¹, например), — но у него были практические и своевременные требования; он гнушался формализмом и словопрением; ему хотелось приложения, пользы; он был ниже Аристотеля, так, как многие протестанты ниже католического воззрения; но он боролся с Аристотелем схоластики так, как протестанты с католицизмом XVI в. Около того же времени является торжественная и не прерывающаяся процессия людей, мощных и сильных, приготовивших пропилеи новой науке; во главе их (не по времени, а по мощи) Джордано Бруно, потом Ванвигни, Кардан, Кампанелла, Телезио, Парацельс² и др. Главный характер этих великих деятелей состоит в живом, верном чувстве тесноты, неудовлетворительности в замкнутом круге современной им науки, во всепоглощающем стремлении к истине, в каком-то даре провидения ее.

Время восстания против схоластики исполнено драматического интереса. Читая биографии, развертывая писания энергических людей, рвавших цепи, которые опутывали науку, вы увидите разом двойную борьбу, в которую они были вовлечены. Одна совершается в их душе — борьба психическая, трудная, волнующая их непрерывно, придающая многим из них эксцентрический, почти судорожный вид. Другая борьба — наружная, оканчивающаяся на костре, в темнице, ибо схоластика, уstraшенная нападками, спряталась за инквизицию, смертными приговорами возражала на смелые тезисы противников и, вырывая их язык клещами палача, заставляла умолкать. Многих удивляет шаткая непоследовательность их и мужественная воля, — неполнота, так сказать, их мысли и полнота самоотвержения; но разве можно сразу отделяться от исторических предрассудков? Не от непонимания зависит эта шаткость. Истина всегда бывает проще нелепости, но ум человека — вовсе не одна возможность пони-

¹ Помпоначио — итальянский философ XV в. Прим. ред. соч. Герцена.

² Бернадино — итальянский философ XVI в. Прим. ред. соч. Герцена.

³ Первый профессор химии от сотворения мира. Прим. А. И. Герцена.

мания, не tabula rasa: он засорен со дня рождения историческими предрассудками, повериями и пр.; ему трудно восстановить нормальное отношение свое к простому пониманию, особенно в то время, о котором идет речь. Что удивительного, что Парацельз верил в алхимию, Кардан называл себя магом¹⁾ Им трудно было вырвать из груди мнения, освященные веками, трудно было примирить их с восходящим светом сознания. Они, впрочем, и не сделали этого. Они были так восторжены, что



Рис. 73. Аллегория философии. Философия изображенная с тремя головами. У ее ног логика, риторика, грамматика, арифметика, музыка, геометрия, астрономия. Вне круга — Аристотель (естествознание) и Сенека (этика). Вверху в кечетве представителей божественной философии (учение о божестве) отцы церкви: Августин, Григорий, Идроним и Амвросий. Гравюра из книги 1504

не могли порядком установиться; это — эпоха первой любви, упоения, не знающего меры, эпоха новости поражающей; не ищите у них строгой, наукообразной формы; ими только открыта почва науки, ими только освобождена мысль; содержание ее понято больше сердцем и фантазией, нежели разумом.

Века должны были пройти прежде, нежели наука могла раз-

¹⁾ Даже Бэкон Веруламский не мог совершенно отделаться от астрологии и магии. Прим. автора.

вить методою те истины, которые Джордано Бруно высказала восторженно, пророчески, вдохновенно. Это принятие в кровь и плоть своих убеждений придало им их личную мощь, поддержало их в борьбе внешней: гонимые, скитальцы из страны в страну, окруженные опасностями, они не зарыли из благоразумного страха истины, о которой были призваны свидетельствовать; они высказывали ее везде; где не могли высказывать прямо, одевали ее в маскарадное платье, облакали аллегориями, прятали под условными знаками, прикрывали тонким флером, который для зоркого, для желающего ничего не скрывал, но скрывал от врага: любовь догадливей и провицательнее ненависти. Иногда они это делали, чтобы не испугать робкие души современников; иногда, чтобы не тотчас попасть на костер. Легко в наше время человеку развивать свое убеждение, когда он только и думает о более ясной форме изложения; в ту эпоху это было невозможно. Коперник скрывал свое открытие авторитетами, взятыми из древних философов, и, может быть, одно это спасло его лично от гонений, впоследствии обрушившихся на Галилея и на всех последователей его. Надобно было хитрить... «Хитрость, — говорит один мыслитель — женственность воли, ирония дикой силы». Маккиавелли знал кое-что об этой хитрости. Все вместе придавало тогдашним деятелям характер трепетного беспокойства и волнения. Они не были в полном мире ни с собой, ни с окружающим. Истинно спокойен или человек, принадлежащий зоологии, или тот, кто, однажды кончив с собой, видит согласие своих внутренних убеждений с наружным миром. Они были беспокойны потому, что окружающий их порядок становился пошлым и нелепым, а внутренний был потрясен: разглядев то и другое, они не могли скрыть своего распада, не могли не быть беспокойными. Таким людям, как Бруно, не дается великий талант счастливо и спокойно жить в среде, прямо противоположной их убеждениям.

Для живого примера одушевленного юношеского мышления этой эпохи передам вам несколько главных мыслей Джордано Бруно, который, без сомнения, оставляет далеко за собой всех товарищей своих¹. Главная цель Бруно — развить и понять жизнь как единое, всемирное бесконечное начало и исполнение всего сущего, понять вселенную как эту единую жизнь, понять самое единство это бесконечным единством разума и бытия, — единством, победоносно проторгающимся через ряды многообразия. Вот краеугольные камни всего учения Бруно, прямо про-

¹Самое подробное изложение Бруно, со множеством выписок, у Буле в «Gesch. der neuen Philosophie». т. II, стр. от 703 до 856. В геттингенской библиотеке Буле нашел много неизвестных сочинений Бруно и ими пользовался. Прим. автора.

тивоположного дуализму схоластики. Так как жизнь одна, ум один и одно единство их связует, следовательно, — заключает Бруно, — если мы возьмем ум в целости всех его моментов, мы свое сущее подведем под него; не есть ли это прямое предведение логической философии нашего времени? «Природа, — говорит он, — внутри своих пределов может все сделать из всего, а ум может все узнать из всего». Природу и ум он понимает двумя моментами одного развития. «Одна и та же материя проходит всеми формами: то, что было зерном, делается травой, колосом, хлебом, питательным соком, зародышем, человеком, трупом, землей... Но есть нечто, остающееся самим собой от этого развития, — материя: она безусловна, ее проявления условны, материя все, потому что она ничего в особенности; деятельная возможность формы присуща ей, она развивается жизнью до своего перегиба в ум; в природе след идеи (vestigium); за ее физическим бытием (postnaturalia) начинается понятие, тень идеи (umbra). Ни произведения природы, отдельно взятые, ни понятия никогда не достигают полноты. Так, например, каждый человек в каждую минуту — все то, что он может быть в эту минуту, но не все то, что он вообще может быть по своей сущности... Вселенная же, напротив, действительно все, что может быть на самом деле и разом, ибо она обнимает всю вещественность вместе с вечными и неизменными формами ее изменяющихся произведений; в этом состоит ее великое единство, себе-равенство. Во вселенной везде средоточие; в ней средоточие и окружность не разделены так, как наибольшее не отделено от наименьшего, — на всяком месте владычество божие». «Но, — прибавляет Бруно, — недостаточно для истины понять единство только как точку соединения различий; надобно так понять его, чтобы уметь снова вывести и все противоречия». Представьте себе, как должны были раскрыться рты докторов *sublissimorum dialecticorum*¹, когда они слышали эту глубокую, вдохновенную речь! Прибавлю еще выписку, чтоб показать, какой поразительно верный взгляд имел он о зле. «Между тенью идеи нет действительного противоречия; одно понятие соединяет прекрасное и уродливое, доброе и злое. Несовершенное, злое не имеют собственной идеи, на которой бы они покоились, по которой бы определялись (как по своему идеалу); между тем все действительное предполагает идею и понятие; но в том и дело, что понятие злого — в другом (в противоположном); своего понятия у зла нет; напротив, понятие, от которого оно зависит, отрицает действительность его, так как и в самом деле зло представляет какое-то существующее небытие, нечто отрицательное (*non ens in ente vel ut apertius dicam defectus in effectu*).

¹ Наисовершеннейших диалектиков. Прим. ред. соч. Герцена.

Гегель, мне кажется, не отдал всей справедливости Бруно; не потому ли уже, что Шеллинг поставил его так высоко? Последнее очень понятно. Бруно — живая, прекрасная связь между неоплатонизмом, которого влияние на нем весьма заметно, и натурфилософией Шеллинга, на которую он, в свою очередь, имел большое влияние. Гегель не хотел узнать в Бруно человека нового мира так, как не хотел видеть в Бёме человека средневекового; или, может быть, в пруди величайшего германского мыслителя лежала народная связь с *theosopho teutonico*¹, а романская горячая и реальная кровь итальянца не была ему так родственна. Бём — великий человек, но это не мешает Джордано Бруно стоять подле него, потому что и он великий человек².

Оставляя Италию, заметим; что романскому племени был предоставлен блестящий почин новой науки. Но, собственно, в новой философии оно мало участвовало, как-будто оно истощило всю умозрительную способность свою на это начало — оно, так богатое способностями на все другое! Как-будто *новая философия*, философия реформации, — дуализм выше схоластического, но все же дуализм, — обманула ожидания живой и реальной мысли романской, которая уже в конце XVI столетия стояла выше дуализма.

Письмо шестое

ДЕКАРТ И БЭКОН

Стр. 133 — 136)

Hier können wir zu Ause und können wie die Schiffer nach langer Umverffahrt auf der ungestümen sie Land rufen¹. Так приветствует Гегель Декарта². „С Декарта, — продолжает он, — начинается *настоящее отвлечение мышления*; вот нала, из которых разовьется *чистое умозрение*, новая наука — наша „натка“.

И мы скажем: берег, но в противоположном смысле: для Гегеля это берег, к которому приплывает мысль, как к спокойной гавани своей, к гавани, с которой начинается ее царство. Мы, напротив, видим в *новой философии* берег, на котором мы стоим, готовые покинуть его при первом попутном ветре, гото-

² Тевтонский богослов. *Прим. ред. соч. Герцена.*

¹ Мы не минуем Бёма, хотя, надобно сказать, в истории науки он мало имел влияния; его наукообразно поняли только в нашем веке. *Прим. автора.*

² Теперь мы можем сказать, что мы *дома*; подобно мореплавателям, долго носившимся по бурному морю, мы можем воскликнуть: «Земля!» («Gesch. der Phil.», т. III, стр. 328 и еще там же, стр. 275). *Прим. автора.*

рые сказать спасибо за гостеприимство и, оттолкнув его, плыть к иным пристаням. Судьба новой философии совершенно сходна с судьбой всего реформационного; ничего старого не оставлено в покое, ничего нового с основания не воздвигнуто; на сооружение новых зданий шел старый кирпич, и они вышли не новые и не старые; все реформационное сделало огромные шаги вперед; все было необходимо и все остановилось на полдороге. Странно было бы, если бы наука этой эпохи начинаний совершила одна свое дело. Наука не имеет силы отрешаться от прочих элементов исторической эпохи; напротив, она есть сознательная, развитая мысль своего времени; она делит судьбы всего окружающего. Она, с своей стороны, громко протестуя против схоластики, всосала в свои жилы схоластику. Чистое мышление — схоластика новой науки так, как чистый протестантизм есть возрожденный католицизм. Феодализм пережил реформацию; он проник во все явления новой жизни европейской; дух его внедрился в ополчавшихся против него; правда, он изменился; еще более правда, что рядом с ним возрастает нечто, действительно новое и мощное; но это новое в ожидании совершеннолетия находится под опекой феодализма — живого, несмотря ни на реформацию Лютера, ни на реформацию последних годов прошлого века. Да и как ему быть не живым? С чем он боролся до сих пор? Вспомните, — с незрелыми начинаниями, с неразвитыми всеобщностями, с частными нападками, с поправками, делаемыми внутри его собственных пределов. Феодализм грубый, прямой заменился феодализмом рациональным, смягченным; феодализм, веровавший в себя, — феодализмом, защищающим себя; феодализм крови — феодализмом денег. Схоластика занимает место феодализма науки: могла ли она после этого быть вполне наукой, берегом? Можно ли ждать, что человек в ней будет дома? — Нет!

Дуализм схоластический не погиб, а только оставил обветшалый мистико-каббалистический наряд и явился чистым мышлением, идеализмом, логическими абстракциями; тут великий прогресс: этим путем, т. е. возводя дуализм во всеобщую сферу мысли, философия поставила его на лезвие ножа, привела прямо к выходу из него. Новая наука начинается с той задачи, на которой остановилась древняя наука, — с той точки, так сказать, на которую древний мир возвел мышление. Она подняла задачу древнего мира, но не решила ее; она привела только к решению ее и остановилась, чувствуя, может быть, что решение это будет с тем вместе ее смертный приговор, т. е. что она из существующих деятельных властей перейдет в историю. Гегель поступил, может быть, откровеннее, нежели хотел; может быть, радостные слова «берет», «дома» у него вырвались невольно; этим восклиц-

Даннем он неразрывно сочетал свою судьбу с реформационной наукой. Впрочем, стоять на одном берегу со Спинозой не стыдно!

Все сказанное нами никак не должно закрывать всю величину переворота в мышлении и весь прогресс, приобретенный наукой через него. Со времени Декарта наука не теряет своей почвы; она твердо стоит на самопознающем мышлении, на самозаконности разума.

Философия древняя и новая философия составляют два великих основания будущей науки; обе они исполны, обе носили в себе элементы ненаучные, обе были великими приготовительными моментами, без которых действительно полная наука не могла бы развиваться, — обе прошли. Вы помните, древняя философия всегда имела в себе один элемент непосредственности, факт, событие, упавшее, как аэролит, и принимаемое за истину по чувству, по доверию к жизни, к миру. Так она принимала самое единство бытия и мышления; она была права в сущности дела, но не права в образе принятия: это было верование, инстинкт, — такт истины, если хотите, но не сознательная мысль. Такой непосредственный элемент прямо противоположен понятию науки. Средневековое воззрение было противодействием против непосредственности; но это его не спасло от того же недостатка; оно отрезало последнюю нить шуповины, прикреплявшей человека к природе, и человек, совершенно обращенный внутрь мира рефлексии, в нем одном искал решения вопросов; но этот мир духовный был чисто личный, он не имел предмета. «Действительность существа, — превосходно заметил Джордано Бруно, — обусловлена действительным предметом». Предмет средневекового человека был он сам, как отвлеченная сущность; отрицать непосредственность так же мало научнообразно, как принимать ее без мысли. Ум, сосредоточенный в себе, занимаясь только собой, «впал в сухую, жалкую схоластику и плел из себя паутину, очень тонкую и узорчатую, но совершенно ненужную», как говорит Бэкон. Доверие человека к уму привело схоластику к признанию действительным всякой логически построенной нелепости и, так как у них содержания не было, то они его брали из фантазии, из психологической непосредственности, опираясь на него точно так, как эмпирик опирается на опыт. Итак, с одной стороны, тяжелый камень, с другой — ужасная пустота, населенная призраками. Люди переворота увидели невозможность дойти до чего-либо схоластикой и возненавидели ее; но отрицание схоластики не есть еще чиноположение новой науки: поэтическое провидение Джордано Бруно — так же мало наука, как дерзкие отрицания Ванини. Первая необходимая задача, вопрос, от которого мыслящей голове нельзя было отвернуться, состоял в разрешении мышлением отношения самого мышления к бытию.

к предмету, к истине вообще. И действительно, с этим вопросом на устах является новая наука в мир. Отец ее — без сомнения, Декарт. Значение Бэкона совсем иное, о нем — после.

Декарт долго занимался науками так, как они преподавались в его время; потом бросил книги: они ему не разрешили ни одного сомнения, не удовлетворили его ни в чем. Он так же ясно, как Бэкон, увидел, что старый корабль средневековой жизни тонет и разрушается, не спорил с его лоцманами, как делали его предшественники, а бросался в море, чтоб достигнуть нового берега. И так же, как Бэкон, он решился *начать с начала*, начать совершенно свободно в среде мышления. Много надобно было твердости, чтоб дерзнуть и на этот разрыв с былым, и на это воздвижение нового. Декарт, мучимый неуверенностью, а может быть, и совестью, с посохом паломника в руке ходил к Лоретской божией матери просить ее помощи в начатом труде и там, расprostертый перед нею, молил примирить его сомнения. Приступ Декарта к делу — величайшая заслуга его; действительное и вечное начало наукообразного развития он начинает с безусловного сомнения — вовсе не для того, чтоб все истинное отвергнуть, а для того, чтоб все истинное оправдать, но оправдать, освободив себя. Когда он поднялся из страшно изреженную среду, в которую не впустил ничего вперед идущего, когда в этом мраке, в котором все исчезло, кроме его самого, он сосредоточился в глубине духа своего, сошел внутрь своего мышления, поверял свое сознание, — у него вырвалось из груди знаменитое подтверждение своего бытия: *cogito ergo sum* (я мыслю, следовательно существую). Отсюда неминуемо должно развиться единство бытия и мышления; мышление делается аподиктическим доказательством бытия; сознание сознает себя неразрывным с бытием, — оно невозможно без бытия. Вот программа всей будущей науки; вот первое слово воззрения, которого последнее слово скажет Спиноза; вот тема, которую наукообразно разовьет Гегель.

(Стр. 138 — 139)

Декарт, ум чисто математический и отвлеченный, исключительно механически рассматривал природу; что-то суровое и аскетическое мешало ему понимать все живое. Строгая, геометрическая диалектика его беспощадна; он был идеалист по внутреннему строгости души. Бытие, материю он понял как *протяжение*. «От всех других свойств, — говорит он, — материю можно отвлечь, но не от протяжения: оно одно ей существенно». Качество уступило место более внешнему определению предмета — количеству; для математики растворялись все двери в естествознание, все подчинялось механическим законам, и вселенная сделалась

снарядом движущегося протяжения¹. Надобно заметить, впрочем, что в начале XVII в. интерес естествоведательного мышления был вообще поглощен астрономией и механикой; величайшие открытия совершались тогда в обеих отраслях; это механическое воззрение, начинающееся с Галилея и достигнувшее полноты своей в Ньюtone, почти ничего не принесло конкретным отраслям естествоведения; влияние его было благотворно (разумеется, сверх астрономии и механики) только в физике. Декартовы понятия о природе, которые по закону возмездия до того были идеалистически спиритуальны, что перегибались в грубейший механизм и материализм (что тогда же заметили, особенно английские и итальянские физики), почти не имели никакого влияния на естественные науки.

«Внимательно рассматривая,— говорит Декарт,— мы увидим, что сущность вещества и тел состоит только в том, что они имеют протяжение в длину, ширину и глубину. Может быть, тела не таковы, как нам кажутся; может, они обманывают наши чувства; но в них несомненно истинно то, что я ясно, отчетливо познаю и могу вывести умом; потому-то я признаюсь, что другой сущности телесных вещей, кроме геометрической величины, всячески делимой, движимой и способной иметь форму, я не принимаю и ничего не рассматриваю в материи, кроме делимости, очертания и движения. Из математических законов, определяющих неотъемлемые свойства бытия, все физическое объясняется и выводится с величайшей строгостью; не думаю, что в физике нужны были иные основания». В материи, лишенной качеств своих, понимаемой таким образом, нет внутренней силы; материя Декарта виртуальная пустота, нечто мертво-косное, — ему всегда надобно будет прибегать к внешней силе. «Материя во всей вселенной одна; все перемены форм имеют свое основание в движении. Движение есть деятельность, вследствие которой вещество из одного места переходит в другое, — перемещение частей тела относительно близлежащих. Движение и покой представляют разные состояния вещества, для движения не более силы надобно, как и для покоя. Надобно равно усилие, чтоб двинуть тело и чтоб остановить его. Надобно усилие для того, чтобы остаться в покое. Отдаление тела есть обоюдное действие; оба тела деятельны: одно — оставаясь на своем месте, другое — отделяясь (сила инерции). Движение зависит от движимого, а не от движущего; нельзя сообщить движение одному телу, не разрушив равновесия других тел; отсюда целые системы движения и сложность их. Причина движения — бог». За сим идут общие механические основания динамики. Все сущее состоит

¹ Об этом более в следующем письме. Прим. автора.

из маленьких тел (*corpuscule*) и их изменений в величине, месте, сочетаниях и переложениях. Жизнь органическая — один рост, т. е. приращение через получение посторонних частиц. Декарт дал физикам опасный пример прибегать к личным гипотезам там, где недостает понимания; так, например, движение небесных тел он объяснял вихрем, крутящим их около солнца; стараясь математически вывести все явления планетной жизни, он делает гипотезы, в которых сам не уверен (*quamvis ipsa nunquam sic orta esse*)¹.

(Стр. 141 — 144)

Противоположность Бэкона с Декартом резка; у Декарта была метода, но не было действительного содержания, кроме формальной способности мышления: у Бэкона было эмпирическое содержание *in crudo*², но не было науки, т. е. оно не было вполне усвоено ему, именно потому, что не пришло то время, в которое действительно содержание могло быть так понято мышлением, чтоб развернуться в наукообразной форме. Протест Декарта был сделан от теории, от чистого мышления; протест Бэкона — от того непокорного элемента жизни, который, улыбаясь, смотрит на все одностороности и идет своей дорогой. Результат средневековой жизни, этого мира ненавидящих исключительностей и насильственного расторжения, должен был явиться раздвоенным, двуглавым. Каждая сторона, выходя из одно-стороннего и прямо противоположного определения идеи, была далека от понимания, что для истины равно нужны оба определения; каждая шла от своих начал; начало Декарта — отвлеченное мышление; он хочет науку а *propter*; начало Бэкона — опыт: для него истина только та, которая получена а *posteriori*. Вопрос о мышлении и бытии Декарт хочет решить отвлеченно, трансцендентально, логически; Бэкон — в живых областях опыта и наблюдений. У обоих мысль совершенно освобождена вначале; но один не может оторваться от абстракций, а другой — от природы; Декарт все основывает на силлогизме, приняв за начало не-силлогизм; Бэкон не хочет силлогизмов, он хочет одного наведения, как будто неведение не силлогизм. Один все уничтожил, кроме мышления, все отвергнул, с одной верой в мысль шел на создание науки. Другой отправился от чувственной достоверности, от веры в факт, от доверия к великому посредству между природой и умозрением, т. е. к наблюдению. Один по-

¹ (Хотя она таким образом никогда не происходила.) Впрочем, может быть, такие фразы — официальная оговорка, вроде *тех*, которые употреблялись Коперником и даже Ньютоном. *Прим. автора.*

² В широком виде.

терял и землю и небо при самом начале; другой обеими ногами стоял на земле, уцепился за явление и по внешности, по коре дошел до великих и многообъемлющих мыслей. Один хочет физику подчинить математике; другой математику называет служанкой физики. Один видит в материи только количественное определение и думает, что вещество можно отвлечь от качества; другой занимается одним качественным определением предмета, хоть и знал место количественного определения. Оба наконец, соединенные жгучей ненавистью к схоластике, не понимают и бранят Аристотеля и всех древних; они обернули умы современников, обращенные назад, и указали им вперед; схоластика достигла прошедшего, Бэкон заговорил о прогрессе и будущем; оба имели свои односторонности.

Впрочем, Бэкона обвинить в односторонности трудно. Бэкон хотел, как он сам говорит, науки деятельной, живой — науки о природе и из природы. Он хотел такой науки, которая была бы перегнана наблюдением и обдумыванием из фактов во всеобщую мысль. Имея это в предмете, он на все обращал взгляд прямой и светлый с целью узнать, разобрать, а не для того, чтоб поймать в силки систематики и затянуть узел. Он очень часто начинает с односторонности и достигает результатов самых многосторонних. Он чрезвычайно добросовестен, не делает из вопроса науки личного вопроса; он покоряется объективности истины; у него огромная ученость; он беспрестанно под влиянием своей памяти; все предшествующее историческое развитие ему присуще. Ненавидя греческую науку и Аристотеля, он мастерски ссылается на них и пользуется ими. Вовсе не поэт, он превосходно толкует греческие мифы. Нельзя себе представить странное ощущение, когда, перечитывая или перелистывая средневековых схоластиков, потом философов теоретической эмансипации, вдруг доходишь до Бэкона. Помните ли вы, например, как в эпоху мечтательной юности, когда теория сменяется теорией, когда вера в себя и друзей безгранична, когда в мечтах перестраивается наука и мир и когда восторженные речи поддерживают поэтическое опьянение, — вдруг является откуда-нибудь человек практический, действительно знающий жизнь, знающий, что на отвлечениях далеко не уедешь, что перевороты в науке и в истории делаются не так-то легко? Помните ли вы, как сильно действовало появление такого человека, как сначала вы отталкивали скептическую и холодную мысль его, уstraшенные ею, а потом начинали краснеть своих мыслей, подчинялись пришельцу, ловили его слова, выдавали ему заповеднейшие упования за наторелый, и в жизни выстроенный взгляд его, который вам казался непогрешимым? Этот практический пришлец — Бэкон, и, вероятно, случалось с вами и то, что когда мало-

по-малу вы найдете в новом воззрении, рассмотрите ближе, то вспомните и о своих мечтах; они, конечно, мечты, но в некоторых из них была такая ширина, которую жаль отдать за практическую мудрость; все это повторяется, переходя от энергических реформаторов к спокойному Бэкону. Это не тревожная, не огненная натура Джордано, не беснующийся Кардан, не эти скитальцы, томимые мыслью, бездомные бродяги, разносившие с собой по всем большим дорогам Европы восходящее сознание и умственную деятельность, не эти гонимые труженики, падавшие часто на подпути от внутреннего разлада и внешних страданий, — нет; это тишет человек спокойный, человек огромного ума и огромного опыта, канцлер, привыкший к государственным делам, пэр, не имеющий занятия, потому что вычеркнут из списка пэров... В душе этого человека, после разрушительного огня, самолюбия, честолюбия, власти, почести, богатства, неудач, тюрьмы, унижений, все выгорело, но гениальный ум остался да осталось еще воображение, настолько охлажденное, подвластное разуму, что оно смело призывалось им бросать пышные цветы поэтической речи по царственному пути его ясной, широкой мысли.

В сочинениях Бэкона с самого начала поражают необычайная сметливость, дельность, практическая резкость и удивительная многосторонность. Бэкон изодрал свой ум общественными делами; он на людях выучился мыслить. Декарт прятался от людей то в парижские предместья, то в Голландию; ему люди мешали заниматься. Оттого с Декарта начинается чистое мышление, а с Бэкона — физические науки; идеализм Декарта остался при дуализме; в мышлении Бэкона находилось демоническое начало, с которым схоластика часу ужиться не могла. Бэкон начинает так же, как и Декарт, отрицания существующей, готовой догматики, но у него это отрицание не логический маневр, а практическая поправка; отрицание Бэкона поставило человека, освободив его от схоластики, перед природой; ее самозаконность он признал с самого начала; еще более, он хотел очевидной объективности покорить своевольную мысль, поврежденную схоластическим высокомерием (Декарт, совсем напротив, поставил природу *hors la loi*¹ а priori). Бэкон скромно указал на эмпирию как на начальную степень знания, как на средство по явлению, по факту добраться до той всеобъемлющей сущности, из которой Декарт стремился вывести явления. Они работали друг другу в руку, и если ни они, ни их последователи не встретились, то это не от внутренней непримиримости, а оттого, что ни идеализм, ни эмпирия не были развиты ни до истинной методы,

¹ Вне закона. Прим. ред. соч. Герцена.

ни до действительного содержания. Лейбниц называет картезианизм «сенями истины»; мы можем по всей справедливости назвать Бэконовою эмпирию ее кладовой.

О бог. атеизме и недостатках этой кладовой мы поговорим в следующем письме¹.

Письмо седьмое.

БЭКОН И ЕГО ШКОЛА В АНГЛИИ

(Стр. 145)

... В наше время еще не совсем искоренился предрассудок, заставляющий ожидать в истинах науки чего-то необыкновенного, недоступного толпе, не прилагаяемого к жалкой юдоли нашей жизни. До Бэкона так думали все, и он смело восстал против этого. Дуализм, истощенный в предшествующую эпоху, перешел в какое-то тихое и безнадежное безумие в мире протестантском, — Бэкон указал на пустоту кумиров и идолов, которыми была битком набита наука его времени, и требовал, чтоб люди оторвались от них, чтоб с них возвратились к детски-простому отношению к природе. Нелегко было возвратиться к естественному пониманию умов, искалеченным схоластикой. Сжатый, подавленный ум средневековых мыслителей питал под скромной властью своей формалистики безумно гордое притязание на власть; же истинное, не святое право разума и нераздельная с ним мощь мысли нравилась им, — нет, они стремились к покорению естественных явлений своевольному капризу, к произвольному испровержению законов природы. Люди ослепленные, тупые, златорники, они не знали ни природы, ни жизни, и между тем и природа и жизнь их страшали чем-то вседозвонным, полнотой мощи, увлекающим; по видимому, они презирали и ту и другую, но это была одна из бесчисленных ажей того времени; они понимали, что нелегко совладать с природой, и со всем безграничным властолюбием скованного невольника стремились покорить ее своему духу...

(Стр. 146 — 148)

Среди всего этого явился человек, который сказал своим современникам: «Посмотрите вниз; посмотрите на эту природу, от которой вы силитесь улететь куда-то; сойдите с башни, на которую взобрались и откуда ничего не видеть; подойдите поближе к миру явлений, — изучите его. Вы ведь не убежите из природы: она со всех сторон, и ваша мнимая власть над ней —

¹ Бэкона необходимо читать самому; у него везде нежданно, невзначай встречается мысль поразительной верности и ширины. Прим.

самообольщение; природу можно покорять только ее собственными орудиями, а вы их не знаете; обуздайте же избалованный легкой и бесплодной логомахией ум ваш настолько, что бы он занялся делом, чтоб он признал несомненное событие "зас окружающей среды, чтоб он склонился пред повсюдным влиянием природы,— и начинайте, проникнутые уважением и любовью, труд добросовестный». Многие, услышав слова эти, отложили бесполезное блуждание по схоластическим топям слов и действительно принялись за работу самоотверженно; с легкой руки Бэкона началось движение в физических науках, движение, развившееся потом до Ньютона, Линнея, Бюффона, Кювье... Другие с негодованием услышали странную речь веруламского лорда, и злоба их была так сильна, что через двести лет граф де Мэстр¹ счел еще нужным уничтожить Бэкона и показать, что ненависть к нему еще жива в любящих сердцах обскурантов. Но в чем же существенная мысль бэконскаго учения?

До Бэкона наука начиналась общими местами; откуда брались эти общие места, никто не знал: схоластическая наука думала, что Кай смертен потому, что человек смертен. Бэкон стал доказывать, совсем напротив, что мы в праве сказать: человек смертен потому, что Кай смертен. Тут не перестановка слов, а нечто побольше. Событие, эмпирическое событие, получило право первой посылки, логическое *anterioritatis*. Вы видите тут главный прием Бэкона: он состоит в том, чтоб идти от частного, от опыта, от наблюдаемого события к обобщению, взаимным сличением между собой всего полученного сознанием. Опыт у Бэкона не есть страдательное воспринимание внешнего во всей случайности его; напротив, он — сознательное взаимодействие мысли и внешнего, их совокупная деятельность, при развитии которой Бэкон не позволяет ни мысли забегать, делая заключения, на которые она не имеет еще права, ни опытам оставаться механической грудой сведений, «не пережженных мыслию». Чем обширнее и богаче сумма наблюдений, тем неизбежнее право раскрывать общие нормы наведением; но, раскрывая их, недоверчивый, осторожный Бэкон требует снова погружения в поток явлений, на поиски или обобщающего подтверждения или ограничивающего опровержения.

До Бэкона опыт был случайностью; на нем основывались даже меньше, чем на предании, не говоря уже об умозрении. Он возвел его и в необходимый, начальный момент ведения и в момент, сопутствующий потом всему развитию знания, — в момент, предлагающий на каждом шагу поверку, останавливающий

¹ Жозеф — известный французский писатель, абсолютист и клерикал начала XIX в. Прим. ред. соч. Герцена.

своей определенной непреложностью, своей конкретной многосторонностью наклонность отвлеченного ума подниматься в изреженную среду метафизических всеобщностей. Бэкон столько же верил разуму, сколько природе, но он более всего верил, когда они заодно, потому что провидел их единство. Он требовал, чтоб разум выходил на дорогу, опираясь на опыт, рука в руку с природой, чтоб природа вела его, как своего питомца, до тех пор, пока он в состоянии вести ее к полному просветлению в мысли.

Это было ново, чрезвычайно ново и чрезвычайно велико; это было воскресение реальной науки, *instauratio magna*¹. Бэкон имел полное право дать это заглавие своей книге; его книгой началось великое возрождение науки. Хотя он и говорит: «Мое творение принадлежит не столько моему духу, сколько духу времени», но честь и хвала тому первому, в котором воплощается дух времени и которым он передается; двойная хвала, если он сознает себя только органом духа времени, а не личностью, стремящейся подавить собой современников! Эта скромность не мешала, однако ж, Бэкону чувствовать мощь свою. Когда он начал свой труд, наука, по всем отраслям ее, была в самом жалком положении; Бэкон безбоязненно потребовал перед собой суд всю современную систему сведений в ее готическом наряде и осудил ее. Помнится, кто-то сравнил его с полководцем, делающим смотр войскам; да, именно, это — спокойный вождь, осматривающий перед боем полки свои. Все отрасли ведения человеческого прошли мимо его, и он осмотрел каждую, каждой указал ее недостатки, каждой дал совет, и все это с той простотой гения, которому такое самоуправство потому естественно, что он довлеет своей мощью исполнить то, что хочет. Не думайте, что Бэкон ограничился одним общим указанием на опыт и наведение; он развертывает свою методику до малейших потребностей, учит примерами, толкует, объясняет, повторяет свои слова, чтоб только достигнуть ясности, и тут на каждом шагу вы поражены богатыми средствами этого ума, страшной по тому времени ученостью и совершенной противоположностью средневековой манеры. Даже в веселом тоне его, в улыбке, которая иногда пробивается сквозь самую серьезную материю, вы видите что-то наше, без ходуль, без докторской шапки, без натянутой важности схоластиков.

(Стр. 149 — 150)

Декарт далеко выше Бэкона методой и далеко ниже результатом, потому что Декарт — абстрактный человек. Конечно, на

¹ Великое восстановление. Прим. ред. сач. Герцена.

Бэкона падает доля односторонности, в которую впадала большая часть его последователей, но он сам был далек от грубой эмпирии. Вот его слова: «Эмпирики непрерывно роются, ищут, и если найдут, чего искали, выдумывают что-нибудь новое и опять ищут; их труд дробится, не обобщаясь; они ходят в потемках, ощупью,—лучше было бы с самого начала входить с зажженной свечой разума». «В естественных науках преобладает желание делить, находить различия, различия различий и т. д. Этим путем невозможно изучать природу: аналогия, общие воззрения, раскрывающие единство,—необходимы». «Есть умы, более способные наблюдать, делать опыты, изучать частности, оттенки; другие, напротив, стремятся проникнуть в сокровеннейшие сходства, обобщить полученные понятия. Первые, теряясь в частности, ничего не видят, кроме атомов; другие, расплываясь во всеобщностях, теряют все отдельное, замечая его призраками... Ни атомы, ни отвлеченная материя, лишенная всякого определения, не действительны; действительны тела так, как они существуют в природе... Не надобно увлекаться ни в ту, ни в другую сторону; для того чтоб сознание углублялось и расширялось, надобно, чтоб эти два воззрения преемственно переходили друг в друга». Понимая это, Бэкон устремлял, однако, всю умственную деятельность на опыт, на исследования и наблюдения, потому что он считал опыт началом науки, потому что он ясно видел гибельное влияние оиллологической распушенности и метафизической неосновательности при недостатке фактических сведений. Он очень хорошо понимал, что собрание и сличение одних опытов не есть наука, но он понимал и то, что нет науки без фактических сведений. «Мы торопимся,—говорит он,—придать наукообразную форму бедной системе истин, узанных нами, и тем самым останавливаем ход событий, приращений. Молодые люди, сложившиеся и получившие вид совершеннолетия, перестают расти. Пока наука составляет массу открываемых сведений, все внимание обращено на новые открытия». Он не хотел замкнутой целости прежде полноты содержания; он хотел лучше трудную работу, нежели незрелый плод. Метода Бэкона чрезвычайно скромна: она проникнута уважением к предмету; она приступает к нему с тем, чтобы научиться, а не с тем, чтоб вынудить из предмета насильственное оправдание вперед заготовленной мысли; она стремится все привести к созданию: «То,—говорит Бэкон,—что достойно существовать,—достойно быть зяаемо». Он умел найти действительное и истинное даже там, где мы обыкновенно видим слепую призрачность¹.

¹ Например в его «Новом образовании» нашал себе место не только гимнастика, но косметика, даже театры роскоши. *Прим. автора.*

Влияние Бэкона было огромно; мне кажется, что и Гегель не вполне оценил его, Бэкон, как Колумб, открыл в науке новый мир, именно тот, на котором люди стояли испокон века, на который забыли занятые высшими интересами схоластики; он потряс слепую веру в догматизм, он уронил в глазах мыслящих людей старую метафизику. После него начинается непрерывное противодействие схоластическим трансцендентальным теориям во всех областях ведения, со всех сторон; после него начинается труд, неутомимая, самоотверженная работа наблюдений, изысканий добросовестных, посильных; являются ученые общества испытателей природы в Лондоне, в Париже, в разных местах Италии; деятельность натуралистов усугубилась; сумма событий и фактов росла пропорционально с уничтожением метафизических призраков, «этих слов, — как говорит Бэкон, — без всякого значения, затемняющих простой, пытающийся взгляд, представляя ему превратное понимание природы». Многообъемлемость Бэкона не могла перейти к его последователям; их односторонность очень понятна: светлые и дельные умы, долго жившие в праздности, получили дело, предмет живой, многосторонний, совершенно новый и притом плативший за труд вовсе неожиданными открытиями, разливавшими свет на целые ряды явлений. Это не темное и сухое развитие *hocceitatis* и *quiditatis*¹, выводимых из-за леса логических стропил, уродливых, неуживких и перемешанных с цитатами, — нет, это что-то такое, в чем бьется сердце, теплое при прикосновении руки. Испытав магнетическую силу занятий по части естествознания и вообще практическими предметами, могли ли эти люди без ненависти говорить о метафизике? Все они смолоду были пытаемы перипатетическими экзерцициями, все они изучали искаженного Аристотеля: могли ли они не отдаться вполне, несправедливо, односторонне естествоведению? Впрочем, в их отрицании нет той ограниченности, которая явилась впоследствии, когда материализм сам вздумал оставить роль инсургента и обзавестись своей метафизической управой, своей теорией, с притязанием на философию, логику, объективную методу, т. е. на все то, отсутствие чего составляло его силу. Эта систематика материализма начинается гораздо позже, с Локка; они во многом ошибались, но не впадали в самую догматику. Первые последователи Бэкона были не таковы; в числе их Гоббс — человек страшный в своей безбоязненной последовательности; учение этого мыслителя, о котором Бэкон говорил, что он его понимает лучше всех современников,

¹ Искусственные существительные схоластической диалектики от слов «это» и «что», «как». Прим. ред. соч. Герцена.

мрачно и сурово; он все духовное поставил вне своей науки; он отрицал всеобщее и видел один непрерывный поток явлений и частных, — поток, в себе начинающийся и в себе оканчивающийся. Он в закоснелой, свирепой мысли своей не нашел доказательств ничему божественному; печальный зритель страшных переворотов, он понял только черную сторону событий; для него люди были врожденными врагами, из эгоистической пользы соединившиеся в общества, и если бы их не держала взаимная выгода, они бросились бы друг на друга. На этом основании его уста не дрогнули с мужеством цинизма в глаза своему отечеству, Англии, высказать, что он в одном деспотизме находит условие гражданского благоустройства. Гоббс испугал своих современников, его имя наводило ужас на них. Не таким встречается нам южный материализм в стране, где некогда жил Лукреций; он явился там в своем прежнем уборе: аббат Гассенди воскресил эпикуреизм и учение об атомах; но его эпикуреизм был им приведен в согласие с католической догматикой и так хорошо, что иезуиты находили, что его *philosophia corpuseularis*¹ несравненно согласнее с учением римской церкви о таинствах, нежели картезианизм. Атомы Гассенди очень просты: это те же атомы, с которыми мы встретились у Демокрита, те же *бесконечно-малые*, незримые, неуловимые и неуничтожаемые частицы, служащие основой всем телам и всем явлениям; сочетаясь, действуя друг на друга, двигаясь и двигая, эти атомы производят все многообразные физические явления, пребывая неизменными. Нельзя не заметить, что Гассенди говорит очень положительно о несокрушимости вещества; мысль эта, сколько мне известно, попадает впервые мельком у Телезио; она есть и у Бэкона, но Гассенди превосходно выразил ее: «Вещественное бытие, — говорит он, — имеет великое право за собой; вся вселенная не может уничтожить существующего тела». Понятно, что речь идет только о бытии, а не о форме и качественном определении. У Гассенди протглядывает замашка натуралистов позднейших времен ссылаться на ограниченность ума человеческого; он чувствует сам недостаток своих теорий и оставляет их, как были. Эти недостатки выкупаются у него (опять точно так же, как у натуралистов) умным и дельным изложением своих сведений о природе. Гассенди так, как потом Ньютона, не следует почти судить как философов: они великие деятели науки, но не философы. Тут нет противоречия, если вы согласились, что действительное содержание вырабатывалось вне философской metody. Англичане, называющие Ньютона великим философом, не знают, что говорят. Назвав Ньютона, позвольте сказать об нем

¹ Философия «мельчайших тел». Прим. ред. соч. Герцена.

несколько слов. Его воззрение на природу было чисто механическое. Из этого не следует, однако, заключить, что он был картезианец: он так мало имел симпатии к Декарту, что, прочитав восемь страниц в его сочинениях (по собственному признанию), он сложил книгу и больше никогда не раскрывал. Механическое воззрение, впрочем, и помимо Декарта царило тогда над умами. Страсть к отвлеченным теориям была так сильна в XVII в., что ни в чем не соглашавшиеся между собой последователи Декарта и Бэкона встретились на механическом построении природы, на желании привести все законы ее в математические выражения и с тем вместе подвергнуть их математической методе. Ньютон продолжал дело, начатое Галилеем. Галилей стоял совершенно на той же почве, на которой впоследствии стал Ньютон; для Галилея тело, вещество было нечто мертвое, деятельное одной костью, а сила — нечто иное, извне приходящее. Математика необходимо должна входить во все отрасли естествоведения; количественные определения чрезвычайно важны, почти всегда неразрывны с качественными; изменение одних связано с изменением других; одни и те же составные части в разных пропорциях дают все многообразие органических тканей, все многообразие форм неорудной и орудной кристаллизации. Ясное дело, что математика имеет огромное место в физиологии, не говоря уже о более отвлеченных науках, как физика, или об исключительно количественных, как астрономия и механика. Математика вносит в естествоведение логику а priori, ею эмпирия признает разум; выразив простым языком ее законы, ряды явлений раскрывают неподозреваемые соотношения и последствия, не сомневаясь в действительности вывода. Все это так: но одно математическое воззрение (как бы оно ни довлекло себе) не может объять всего предмета естествоведения; в природе остается нечто, ей не подлежащее. Категория количества — одно из существеннейших качеств всего сущего, однако она не исчерпывает всего качественного, и если держаться в изучении природы исключительно за нее, то дойдем до декартова определения животного гидравлично-огненной машиной, действующей рычагами и пр. Конечно, окончательно представляют рычаги, и мышечная система представляет очень сложные машины, — однако ж Декарту не удалось объяснить влияние воли, влияние мозга на управление частями машины через нервы. Понятие живого непременно заключает в себе механические, физические и химические определения, как те низкие степени, которые должны были быть побеждены или сняты, для того чтоб явился сложный процесс жизни; но именно единство, их снимающее, составляет новый элемент, не подчиняющийся ни одному из предыдущих, а подчиняющий их себе.

Внутренняя присущая деятельность всего живого организма и каждой клеточки его доселе осталась неуловима для математики, для физики, для самой химии, хотя форма ее действий и количественные определения совершенно подлежат математике так, как взаимное действие составных начал подлежит физико-химическим законам. Употребление математики сверх того, где она необходима, там, где ее не нужно, — весьма важный признак; математика поднимает человека в сферу хотя формальную и отвлеченную, но чисто наукообразную: это полнейшее внешнее примирение мышления и бытия. Математика — одностороннее развитие логики, один из видов ее или само логическое движение разума в моменте количественных определений; она сохранила ту же независимость от сущего, ту же непреложность чисто умозрительного вывода; к этому присовокупляется ее увлекательная ясность, которая, впрочем, находится в прямом отношении с односторонностью. Бэкон, очень хорошо понимавший важность математики в естествоведении, заметил в свое время уже опасность подавить математикой другие стороны (он, между прочим, говорит, что особенное внимание ученых к количественным определениям основано на их легкости и поверхностности, но что, держась на одних их, теряется внутреннее)¹. Ньютон, совсем напротив, предался исключительно механическому воззрению; нельзя себе представить ума, менее философского, как Ньютон: это был великий механик, гениальный математик и вовсе не мыслитель. Теория тяготения при всем величии своей простоты, при обширной прилагательности, объемлемости — не что иное, как механическое представление события, представление, быть может, верное, но остающееся без логического оправдания, т. е. без полного понимания, как предположение, сосредоточивающее на себе наиболее вероятия. Телам Ньютон приписывает свойства притяжения и отталкивания; но в понятии тела, как его понимал Ньютон, не видно необходимости этих полярных проявлений; стало быть, это факт гипотетический или наглядный — все равно, но не логический; далее, путь небесных тел таков, что механика должна его себе представить следствием двух сил: одна из них делается понятной из предшествовавшего предположения, другая зато остается совершенно непонятна (сила, влекущая по тангенсу); эта сила

¹ Бэкон очень зло отозвался (De Aug. Scientiarum) об астрономии: «Наука о телах небесных очень несовершенна; она приносит людям нечто вроде той жертвы, которую однажды Прометей принес Юпитеру: он пожертвовал бычачью кожу, набитую соломой, вместо быка; так и астрономия толкует о числе, положении, движении, периодах небесных тел; небесный свод для них бычачья шкура; во внутренность явлений они не проникают». Прим. автора.

(или толчок, производящий ее) не лежит ни в понятии тела, ни в понятии окружающей среды; она является à la deus ex machina¹ и так остается до сих пор. И это не заботит строителей небесной механики; математика делается обыкновенно равнодушна ко всем логическим требованиям, кроме своих собственных. Некогда Коперник, обдумывая гениальную мысль свою, имел в виду дать более легкий способ вычислять планетные пути; теперь Ньютон говорит, что он предоставляет физикам решить вопрос о действительности предполагаемых сил, и выставляет на первый план удобство его теории для математических выкладок.

Механическое рассматривание природы, несмотря на колоссальный успех ньютоновой теории, не могло удержаться; первый сильный протест против исключительно механического воззрения раздался в химических лабораториях. Химия осталась вернее настоящей бэконовской методе, нежели все отрасли естественных наук; эмпирия царила в ней,— это правда, но она оставалась почти во всем свободной от рассудочных теорий и насильственных притеснений предмета; химия добросовестно и самоотверженно склонялась перед признаваемой ею объективностью вещества и его свойств.

Но протест, более мощный, раздался с другой стороны. Лейбниц, тоже великий математик, но и великий мыслитель с тем вместе, поднялся против исключительного механико-материалистического воззрения. Изложение главных оснований его системы отведет нас совсем в другую сферу, а потому я попрошу позволения окончить сперва повествование о бэконовской школе, довести ее до Юма, т. е. до Канта, и потом снова возвратиться к Декарту и проследить историю идеализма до Канта же. В этой истории мы увидим только два лица, но какие! Мы увидим, до какой высоты может дойти гениальная абстракция, до чего великое разумение могло развить картезианизм. Спиноза положил предел идеализму; чтоб идти далее, надобно было выйти из идеализма, оставаясь в нем,— можно быть только комментатором Спинозы, одним из нахлебников его пышного стола. Опыт шага вперед сделал Лейбниц; в Лейбнице мы встречаем первого идеалиста, в котором что-то близкое, родственное, современное нам. Суровость средних веков и протестантское натянутое бесстрашие отражаются еще яркими чертами и на угрюмом Декарте и на неприступно-гордом в нравственной чистоте своей Спинозе, в котором осталось много еврейской исключительности и много католического аскетизма. Лейбниц —

¹ Произвольная развязка (буквально: как бог из машины). *Прим. ред. соч. Герцена.*

человек, почти совсем омытый от сора тысячелетий; все знает, все любит, всему сочувствует, на все раскрывает, со всеми знаком в Европе, со всеми соединяется; в нем нет сдержанной волеи схоластиков; чуждая его, чувствуете, что наступает день со своими действительными заботами, при котором забудутся грехи и сновидения; чувствуете, что можно глядеть в телескоп — пора взять увеличительное стекло; можно толковать об одной субстанции — пора поговорить о многом множестве монад!



Мы необходимо должны пропустить явления, чрезвычайно замечательные, и некоторые сильные личности, являвшиеся в XVII в. не в главном русле науки, а, так сказать, возле. Сюда принадлежат английские и французские мистики, протягивавшие руку эмпирии и мирившиеся с нею (вроде того, как легитимисты мирятся с радикалами) на общем признании бессилия разума; сюда принадлежит ряд скептиков, сомневавшихся вместе с мистиками несравненно более в разуме, нежели в опыте (так сильна была реакция против схоластической догматики), и в числе их знаменитый Бэль — защитник веротерпимости, признанной в России Великим Петром и гонимый во Франции Великим Людовиком. Бэль был один из неутомимейших деятелей XVII в.; он замешан во все дела, причастен всем горячим вопросам и везде гуманен и едок, уклончив и дерзок; он действует без имени и всем известен; его гонят иезуиты, он от них спасается в Голландию; его гонят точно так же протестанты, — и от них бежать некуда; католический король Франции его обогащает преследованием его протестантских брошюр и протестантский король Англии чуть не лишает куса хлеба... Все это вместе живо выражает деятельный, кипящий и неустрашенный XVII век. *Прим. автора.*

Критическое сражение с французским материализмом

(Стр. 153 — 163)

«Спинозизм властвовал умами в XVIII столетии как в своей позднейшей французской разновидности, сделавшей материю субстанцией, так и в теизме, давшем материи более духовное наименование... Французская школа Спинозы и сторонники теизма были лишь двумя сектами, которые вели между собой спор об истинном смысле системы Спинозы... Простая судьба обрекла это просвещение на гибель, — оно растворилось в романтике, после того как вынуждено было отдаться в плен реакции, начавшейся со времени французского движения».

Так говорит «критика».

Мы противопоставим в кратких чертах критической истории французского материализма его тривиальную массовидную историю. Мы почтительнейшим образом признаем бездну, отделяющую историю, как она действительно происходила, от истории, как она происходит по декрету «абсолютной критики», в одинаковой мере созидающей как новое, так и старое. Наконец, вполне повинувшись предписаниям «критики», мы сделаем «предметом обстоятельного исследования» вопросы: «почему?», «откуда?» и «куда?» критической истории.

«Выражаясь точно и прозаически, французское просвещение XVIII столетия, и в особенности французский материализм, представляет собой не только борьбу против существующих по-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Соцэкгиз, 1929, т. III.

литических учреждений, религии и теологии, но также открывающую, ясно выраженную борьбу против метафизики XVII столетия и против всякой метафизики вообще, — против метафизики Декарта, Мальбранша, Спинозы и Лейбница. Философия была противопоставлена метафизике, подобно тому как Фейербах при своем первом решительном выступлении против Гегеля противопоставил трезвую философию пьяной спекуляции. Пораженная французским просвещением, и в особенности французским материализмом, метафизика XVII столетия праздновала свою победоносную, полную содержания, реставрацию в лице немецкой философии, а именно в спекулятивной немецкой философии XIX столетия. После того как Гегель гениальным образом соединил ее со всей прежней метафизикой и с немецким идеализмом, создав метафизическое универсальное царство, нападки на теологию снова, как в XVIII столетии, шли рядом с нападками на спекулятивную метафизику, и на всякую метафизику вообще. Материализм, пополненный теперь тем, что было добыто самой спекуляцией, и совпадающий с гуманизмом, навсегда покончит с метафизикой. Подобно тому как Фейербах в теории, французский и английский социализм и коммунизм являются на практике материализмом, совпадающим с гуманизмом.

«Выражаясь точно и прозаически», существуют два направления французского материализма: одно берет свое начало от Декарта, другое — от Локка. Последний вид материализма составляет по преимуществу французский образовательный элемент и ведет прямо к социализму. Первый механический материализм сливается с французским естествознанием. В ходе развития оба направления перекрещиваются. Нам нет надобности входить в подробное рассмотрение французского материализма, ведущего свое происхождение непосредственно от Декарта; точно так же незачем останавливаться на французской школе Ньютона и на развитии французского естествознания вообще.

Заметим лишь следующее.

В своей физике Декарт приписывает материи самостоятельную творческую силу и механическое движение рассматривает как проявление жизни материи. Он совершенно отделяет свою физику от своей метафизики. В границах его физики материя представляет собой единственную субстанцию, единственное основание бытия и познания.

Механический французский материализм примкнул к физике Декарта, в противоположность его метафизике. Его ученики были по профессии антиметафизики, т. е. физики.

Врачом Леруа начинается эта школа, в враче Кабанисе она достигла своего кульминационного пункта, врач Ламеттри яв-

ляется ее центром. Еще при жизни Декарта Леруа применил к человеческой душе взгляд своего учителя на строение животного тела (подобно Ламеттри в XVIII в.) и объявил душу модусом тела, а идеи — механическим движением. Леруа был даже уверен, что Декарт скрыл свой истинный взгляд на этот вопрос. Декарт протестовал против этого. В конце XVIII столетия Кабанис закончил разработку картезианского материализма в своем произведении «Rapport du physique et du moral de l'homme».

Картезианский материализм существует еще и поныне во Франции. Значительных успехов он достиг в механическом естествознании, которое менее всего можно, «выражаясь точно и прозаически», упрекнуть в романтике.

Метафизика XVII столетия, главным представителем которой во Франции был Декарт, должна была со дня своего рождения вести борьбу с материализмом. Материализм выступил против Декарта в лице Гассенди, возродившего эпикурейский материализм. Французский и английский материализм всегда сохраняли внутреннюю связь с Демокритом и Эпикуром. Другого противника картезианская метафизика встретила в лице английского материалиста Гоббса. Гассенди и Гоббс победили свою противницу спустя долгое время после своей смерти, в то время когда она официально господствовала во всех французских школах.

Вольтер заметил, что равнодушие французов XVIII столетия к спору иезуитов с янсенистами следует приписать не столько влиянию философии, сколько финансовым спекуляциям Лоу. И в самом деле, падение метафизики XVII столетия постольку может быть объяснено материалистической теорией XVIII столетия, поскольку само это теоретическое движение находит себе объяснение в практике тогдашней французской жизни. Жизнь эта была направлена на непосредственную действительность, на мирское наслаждение и мирские интересы, на земной мир. Ее антитеологической, антиметафизической, материалистической практике должны были соответствовать антитеологические, антиметафизические, материалистические теории. Метафизика практически потеряла всякий кредит. Нам необходимо здесь в кратких чертах отметить лишь теоретический ход этой эволюции.

Метафизика XVII столетия еще заключала в себе положительное, земное содержание (вспомним Декарта, Лейбница и др.). Она делала открытия в математике, физике и других точных науках, которые казались связанными с нею. Но уже в начале XVIII столетия эта мнимая связь была уничтожена. Положительные науки отделились от метафизики и отмежевали себе свою собственную область. Все богатство метафизики огра-

значилось только миром идей и божественными предметами, и это как раз в то время, когда реальные сущности и земные вещи начали сосредоточивать на себе весь интерес. Метафизика стала плоской. В том самом году, когда скончались последние великие французские метафизики XVII века, Мальбранш и Арно, родились Гельвеций и Кондильяк.

Человеком, теоретически подорвавшим всякое доверие к метафизике XVII столетия и ко всякой метафизике вообще, был Пьер Бейль. Его оружием служил скептицизм, который сам был выкован из волшебных формул метафизики. Он сам исходил прежде всего из картезианской метафизики. Подобно тому как Фейербаха борьба против спекулятивной теологии толкнула на борьбу против спекулятивной философии именно потому, что он увидел в умозрении последнюю опору теологии и вынужден был заставить theologов вернуться обратно от мнимой науки к грубой, отталкивающей вере, точно так же религиозное сомнение привело Бейля к сомнению в метафизике, служившей основой для веры. Он подверг поэтому критике все историческое развитие метафизики. Он стал ее историком, для того чтобы написать историю ее смерти. Он, по преимуществу, опровергал Спинозу и Лейбница.

Пьер Бейль не только разрушил метафизику с помощью скептицизма, очищая тем самым почву для усвоения материализма и философии здравого смысла во Франции, он возвестил появление атеистического общества, которое вскоре действительно начало существовать, посредством доказательства того, что возможно существование общества, состоящего из атеистов, что атеист может быть почтенным человеком, что человека унижают не атеизм, а предрассудки и идолопоклонство.

По выражению одного французского писателя, Пьер Бейль был «последним метафизиком в смысле XVII столетия и первым философом в смысле XVIII столетия».

Кроме отрицательного опровержения теологии и метафизики XVII столетия необходима была еще положительная анти-метафизическая система. Чувствовалась необходимость в такой книге, которая привела бы в систему тогдашнюю живую социальную практику и дала бы ей теоретическое обоснование. Сочинение Локка о «Происхождении человеческого рассудка» очень кстати явилось с того берега пролива. Оно встречено было с энтузиазмом, как давно и страстно ожидаемый гость.

Спрашивается: не был ли Локк учеником Спинозы? «Грешная» история может на это ответить:

Материализм — прирожденный сын Великобритании. Еще британский схоластик Дунс Скот спрашивал себя: «не способна ли материя мыслить?»

Чтобы сделать возможным такое чудо, он взывал к господ-
нему всемогуществу, т. е. он заставлял самое теологию пропове-
дывать материализм. Кроме того он был номиналистом. Номи-
нализм был одним из главных элементов английского материали-
зма и вообще является первым выражением материализма.

Но истинным родоначальником английского материализма и
вообще опытных наук позитивного времени был Бэкон. Естество-
знание является в его глазах истинной наукой, а философия, опи-
рающаяся на свидетельское восприятие чувств, — важнейшей ча-
стью естествознания. Анаксатор с его геометриями и Демок-
рит с его атомизмом часто приводятся им как авторитет. По его
учению, чувства теплотворны и составляют источник всякого
знания. Наука есть опытная наука и состоит в применении
рационального метода к чувственным данным. Индукция, ана-
лиз, сравнение, наблюдение, эксперименты — суть главные усло-
вия рационального метода. Первым и самым важным из приобре-
денных свойств материи является движение, — не только как
механическое и математическое движение, но еще больше как
стремление, как эманирующий дух, как напряжение или, как выра-
жается Яков Бёме, как мучение (Qual) материи. Первичные фор-
мы материи суть живые, индивидуализирующиеся, внутренне прису-
щие ей, создающие специфические различия, существенные силы.

В Бэконе как первом творце материализма в наивной еще
форме скрыты зародки всестороннего развития этого учения.
Материя улыбается своим поэтическим чувственным блеском
всему человеку. Но изложенное в эфористической форме учение
Бэкона еще полно теологической последовательности.

В своем дальнейшем развитии материализм становится од-
носторонним. Гоббс является систематиком бэконовского мате-
риализма. Чувственность теряет свои яркие краски и превра-
щается в абстрактную чувственность геометра. Физическое дви-
жение приносится в жертву механическому, или математическо-
му, движению, геометрия провозглашается главной наукой.
Материализм становится враждебным человеку. Чтобы преодолеть
человеконенавистнический бесплотный дух в его собствен-
ной области, материализмом должен сам умертвить свою плоть
и сделаться аскетом. Он выслушит как рассудочное существо,
но зато он с беспощадной последовательностью развивает все
выводы рассудка.

Если чувственность есть источник всякого познания, как
утверждает Гоббс, исходя из Бэкона, то созерцание, мысль,
представление и т. д. суть не что иное, как фантомы телесного
мира, более или менее лишенного своих, доступных внешним
чувствам форм. Наука может только дать название этим фан-
томам. Одно и то же название может быть приложено ко мно-

гим фантомам. Могут даже существовать названия названий. Но было бы противоречием, с одной стороны, видеть в чувственном мире источник всех идей, с другой же стороны — утверждать, что слово есть нечто большее, чем слово, что, кроме существующих в представлении, всегда лишь отдельных существ, имеются еще общие сущности. *Бестелесная субстанция* представляет собой такое же противоречие, как *бестелесное тело*. *Тело, бытие, субстанция* — все это есть одна и та же реальная идея. Нельзя отделить мысль от той материи, которая мыслит. Она является субъектом всех изменений. Слово *бесконечный* — бессмысленно, если оно не обозначает нашей способности увеличивать без конца всякую данную величину. Так как только материальное доступно восприятию и познанию, то нельзя ничего знать о существовании бога. Достоверно для меня лишь мое собственное существование. Всякая человеческая страсть есть механическое движение, которое кончается или начинается. Объекты наших стремлений составляют благо. Человек подчинен тем же законам, что и природа. Сила и свобода — тождественны.

Гоббс систематизировал Бэкона, но не дал обстоятельного обоснования главному принципу — происхождению знаний и идей из чувственного мира. Этот принцип Бэкона и Гоббса был разработан Локком в его «Опыте о происхождении человеческого рассудка».

Гоббс уничтожил *теистические* предрассудки бэконовского материализма; Коллинс, Додваль, Ковард, Гартли и Пристли разрушили последние теологические рамки локковского сенсуализма. Теизм — по крайней мере, для материалиста — есть не больше, как удобная и мягкая форма избавления от религии.

Мы уже упоминали о том, насколько появление произведения Локка отвечало потребностям французского просвещения. Локк обосновал философию *bon sens*, здравого смысла, т. е. сказал косвенным образом, что не может быть философии, отличной от рассудка, опирающегося на показания здоровых человеческих чувств.

Непосредственный ученик и французский исследователь Локка, Кондильяк, немедленно направил локковский сенсуализм против *метафизики* XVII столетия. Он доказал, что французы с полным правом отвергли эту метафизику как простой и неудачный плод воображения и теологических предрассудков. Он обнаружил труд, в котором опровергал системы *Декарта, Спинозы, Лейбница* и *Мальбранша*.

В своем произведении *Essai sur l'origine des connaissances humaines* он развивал точку зрения Локка, доказывая, что не только душа, но и чувства, не только искусство создавать идеи,

но и искусство чувственного восприятия составляют дело опыта и привычки. От воспитания и внешних обстоятельств зависит поэтому все развитие человека. Только эклектическая философия вытеснила впоследствии Кондильяка из французских школ.

Различие французского и английского материализма соответствует различию между этими нациями. Французы наделили английский материализм остроумием, плотью, кровью и красноречием. Они придали ему недостававшие еще темперамент и грацию. Они цивилизовали его.

У Гельвеция, тоже исходившего от Локка, материализм получает настоящий французский характер. Он непосредственно применяется к общественной жизни (Helvetius, De l'homme). Чувственные впечатления, себялюбие, наслаждение и правильно понятый личный интерес составляют основу морали. Природное равенство человеческих духовных способностей, единство успехов разума с успехами индустрии, природная доброта человека, всемогущество воспитания — вот главные моменты его системы.

Произведения Ламеттри представляют собой опыт соединения картезианского материализма с английским. Ламеттри пользуется физикой Декарта во всех ее подробностях. Его L'homme-machine построено по образцу животного-машины Декарта. В Système de la nature Гольбаха часть, посвященная физике, также представляет собой соединение французского и английского материализма, теория же нравственности, по существу, опирается на мораль Гельвеция. Робинэ (De la nature), тот французский материалист, который больше всех сохранил связь с метафизикой и потому удостоился похвалы Гегеля, ссылается определенной образом на Лейбница.

О Вольнее, Дюпой, Дидро и др. нам нет надобности говорить, как о физиократах, после того как мы, с одной стороны, выяснили двойное происхождение французского материализма от физики Декарта и английского материализма, а с другой стороны — указали на противоположность французского материализма метафизике XVII столетия, метафизике Декарта, Спинозы, Мальбранша и Лейбница. Немцы обратили внимание впервые на эту противоположность только после того, как сами вступили в борьбу со спекулятивной метафизикой.

Как картезианский материализм приводит к естествознанию в тесном смысле слова, так другое направление французского материализма приводит непосредственно к социализму и коммунизму.

Не требуется большого остроумия, чтобы усмотреть связь между учением материализма о природной склонности к добру, о равенстве умственных способностей людей, о всемогущ-

дестве опыта, привычки, воспитания, о влиянии внешних обстоятельств на человека, о высоком значении индустрии, о нравственном праве на наслаждение и т. д.— и коммунизмом и социализмом. Если человек черпает все свои знания, ощущения и проч. из чувственного мира и опыта, получаемого от этого мира, то надо, стало быть, так устроить окружающий мир, чтобы человек познавал в нем истинно человеческое, чтобы он привывкал в нем воспитывать в себе человеческие свойства. Если правильно понятый интерес составляет принцип всякой морали, то надо, стало быть, стремиться к тому, чтобы частный интерес отдельного человека совпадал с общечеловеческими интересами. Если человек не свободен в материалистическом смысле, т. е. если он свободен не вследствие отрицательной силы избегать того или другого, а вследствие положительной силы проявлять свою истинную индивидуальность, то должно не наказывать преступления отдельных лиц, а уничтожить антисоциальные источники преступления и предоставить каждому необходимый общественный простор для его существенных жизненных проявлений. Если характер человека создается обстоятельствами, то надо, стало быть, сделать обстоятельства человеческими. Если человек по природе своей общественное существо, то он, стало быть, только в обществе может развить свою истинную природу, и о силе его природы надо судить не по отдельным личностям, а по целому обществу.

Эти и им подобные положения вы можете найти почти дословно даже у самых старых французских материалистов. Здесь не место входить в их оценку. Свидетельством социалистической тенденцией материализма может служить «Защита пороков» Мандевилля, одного из ранних английских учеников Локка. Он доказывает, что в современном обществе пороки необходимы и полезны. Это ни в каком случае нельзя признать защитой современного общества.

ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ¹

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В МИРЕ ДУХОВ

(Стр. 465)

Существует старый, ставший уже народной пословицей афоризм диалектики, что крайности сходятся. Мы поэтому вряд ли ошибемся, когда станем искать самые крайние степени фантазерства, легковерия и суеверия не у той естественно-научной школы, которая подобно немецкой натурфилософии пыталась втиснуть внешний объективный мир в рамки своего субъективного мышления, а, наоборот, у того противоположного направления, которое, чванясь одним лишь опытом, относится с суеверным презрением к мышлению и дошло действительно до геркулесовых столбов в своей теоретической беззаботности... Эта школа господствует в Англии. Уже ее родоначальник, прославленный Френсис Бэкон, требует внимания к своему новому эмпирико-дедуктивному методу, чтобы достигнуть при его помощи прежде всего следующих вещей: продления жизни, омоложения в известной степени, изменения телосложения и черт лица, превращения одного тела в другое, создания новых видов, победы над воздухом и вызывания грозы; он жалуется на то, что эти исследования были заброшены, и дает в своей естественной истории формульные рецепты для изготовления золота и совершения разных чудес. Точно так же и Исаак Ньютон занимался на старости лет конспективными к «Откровению» Иоанна. Поэтому нет ничего удивительного в том, что за последние годы английский эмпиризм в лице некоторых из своих далеко не худ-

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Соцаргиз, М.-Л.: 1931, т. XIV.

ших представителей стал как-будто бы окончательно жертвой вывезенного из Америки духовидения и духовыстукивания.

(Стр. 473 — 474)

Презрение к диалектике не остается безнаказанным. Сколько бы ни выказывать пренебрежения ко всякому теоретическому мышлению, все же без последнего невозможно связать между собой любых двух естественных фактов или же уразуметь существующую между ними связь. При этом важно только одно: мыслят ли правильно или нет, — и пренебрежение к теории является, само собой разумеется, самым надежным способом мыслить натуралистически и, значит, неверно. Но неверное мышление, доведенное до конца, приводит неизбежно, по давно известному диалектическому закону, к противоречию со своим исходным пунктом. И, таким образом, эмпирическое презрение к диалектике наказывается тем, что некоторые из самых трезвых эмпириков становятся жертвой самого дикого из всех суеверий — современного спиритизма.

Действительно, чистый эмпиризм не способен опровергнуть спиритов. Во-первых «высшие» явления всегда показываются, лишь когда соответственный «исследователь» достаточно обработан, чтобы видеть только то, что он должен или хочет видеть, как это описывает с такой неподражаемой наивностью сам Крукс. Во-вторых, спирит несколько не смущается тем, что сотни мнимых фактов оказываются надувательством, а десятки мнимых медиумов обычными шарлатанами. Пока не разъяснено до конца любое отдельное мнимое чудо, у спиритов еще достаточно почвы под ногами, как это высказывает определенно Уоллес в связи с историей о поддельных фотографиях духов. Существование подделок только доказывает подлинность подлинных фотографий.

И вот эмпиризм оказывается вынужденным противопоставить назойливости духовидцев не эмпирические эксперименты, а теоретические соображения и сказать вместе с Гексли: «Единая хорошая вещь, которую, по моему мнению, можно было бы вывести из доказательства истины спиритизма, это новый аргумент против самоубийства. Действительно, лучше жить и быть чистильщиком улиц, чем в качестве покойника болтать чепуху устами какого-нибудь медиума, получающего гению за сеанс!».



СТАРОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ К¹ АНТИДЮРИНГУ «О ДИАЛЕКТИКЕ»

1878

(Стр. 337 — 342)

Всякому, кто занимается теоретическими вопросами, результаты современного естествознания навязываются с той же принудительностью, с какой современные естествоиспытатели — желают ли они того или нет — вынуждены приходить к общетеоретическим выводам. И здесь наблюдается известная компенсация. Если теоретики являются полужнайками в области естествознания, то такими же полужнайками являются современные естествоиспытатели в области теории, в области того, что называлось до сих пор философией.

Эмпирическое естествознание накопило такую необъятную массу положительного материала, что необходимость систематизировать его в каждой отдельной области исследования и расположить с точки зрения внутренней связи стала неустранимой. Точно так же стало неизбежным привести между собой в правильную связь отдельные области познания. Но, занявшись этим, естествознание попадает в теоретическую область, а здесь методы эмпиризма оказываются бессильными, здесь может оказать помощь только теоретическое мышление. Но теоретическое мышление является прирожденным свойством только в виде способности. Она должна быть развита, усовершенствована, а для подобной разработки не существует до сих пор никакого иного средства, кроме изучения истории философии.

Теоретическое мышление каждой эпохи, а значит, и нашей эпохи, это — исторический продукт, принимающий в различные времена очень различные формы и получающий поэтому очень

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения. ИМЭЛ, Соцэкгиз, М.-Л. 1931 г. XIV.

различное содержание. Следовательно, наука о мышлении, как и всякая другая наука, есть историческая наука, наука об историческом развитии человеческого мышления. И это имеет значение и для практического применения мышления к эмпирическим областям, ибо, во-первых, теория законов мышления не есть вовсе какая-то раз навсегда установленная «вечная истина», как это связывает со словом «логика» филистерская мысль. Сама формальная логика являлась, начиная с Аристотеля и до наших дней, ареной ожесточенных споров. Что же касается диалектики, то до сих пор она была исследована более или менее точным образом лишь двумя мыслителями Аристотеля и Гегелем. Но именно диалектика является для современного естествознания самой правильной формой мышления, ибо она одна представляет аналог и, значит, метод объяснения происходящих в природе процессов развития для всеобщих связей природы, для переходов от одной области исследования к другой.

Во-вторых, знакомство с историческим развитием человеческого мышления, с господствовавшим в разные времена пониманием всеобщей связи внешнего мира необходимо для теоретического естествознания и потому, что оно дает масштаб для оценки выдвигаемых этим естествознанием теорий. Здесь часто ярко выступает недостаток знакомства с историей философии. Положения, установленные в философии уже сотни лет назад, положения, с которыми в философии давно уже покончили, часто выступают у теоретизирующих естествоиспытателей в виде самоновейших истин, становясь на время даже предметами моды. Когда механическая теория теплоты привела в подтверждение учения о сохранении энергии новые доказательства и выдвинула его на первый план, то это было для нее, несомненно, огромным успехом; но могло ли бы это положение казаться чем-то столь абсолютно новым, если бы господа физики вспомнили, что оно было установлено уже Декартом? С тех пор как физика и химия стали опять оперировать почти исключительно молекулами и атомами, древнегреческая атомистическая философия должна была неизбежно выступить снова на первый план. Но как поверхностно трактуется она даже лучшими из естествоиспытателей! Так, например, Кекуле рассказывает (Ziele u Leistungen der Chemie), будто атомистическая теория имеет своим родоначальником Демокрита, а не Левкиппа, и утверждает, будто Дальтон первый признал существование качественно различных элементарных атомов и первый приписал им различные специфические для различных элементов веса; между тем у Диогена Лаэртского (X, I, § 43—44 и 61) можно прочесть, что уже Эпикур приписывал атомам не только различную величину, но и различный вес, т. е. по-своему уже знал атомный вес и атомный объем.

ГЕОРГ ФРИДРИХ ВИЛЬГЕЛЬМ ГЕГЕЛЬ
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ФИЛОСОФСКИХ НАУК.
ЛОГИКА¹

1812 — 1816

I. ЭМПИРИЗМ

§ 38

(Стр. 79—81)

Примечание. В эмпиризме заключается великий принцип, гласящий, что то, что истинно, должно быть в действительности и наличествовать для восприятия. Этот принцип противоположен *долженствованию*, которым тщеславится рефлексия, презрительно противопоставляя действительности и данности некое *потустороннее*, которое якобы пребывает и существует лишь в субъективном рассудке. Подобно эмпиризму, философия также познает (§ 7) лишь то, что *есть*; она не признает ничего такого, что лишь *должно* быть и, следовательно, *не существует*. — С субъективной стороны следует также признать важность заключенного в эмпиризме принципа *свободы*, согласно которому человек должен сам видеть, должен сам присутствовать в том, что он признает достоверным в своем знании. *Последовательное* проведение эмпиризма, поскольку он ограничивается со стороны содержания конечным, отрицает вообще сверхчувственное или, по крайней мере, познание и определенность последнего и оставляет за мышлением лишь абстракцию, формальную всеобщность и тождество. Основная ошибка научного эмпиризма состоит всегда в том, что он пользуется метафизическими категориями: материя, сила, одно, многое, всеобщность, бесконечность и т. д.

¹ Гегель, Сочинения. Под редакцией А. Деборина и Д. Рязанова, том I, ИМЭЛ, Гиз, М.-Л., 1929.

и, руководясь такими категориями, *умозаключает* *дальше*, исходя, как из предпосылки, из форм умозаключения и при этом не знает, что он сам содержит в себе метафизику, сам занимается ею; он, таким образом, пользуется вышеуказанными категориями и их сочетаниями совершенно некритично и бессознательно.

Прибавление. От эмпиризма исходил клич: перестаньте вращаться в пустых абстракциях, смотрите с открытыми глазами, постигайте человека и природу, как они предстают перед вами *здесь*, пользуйтесь настоящим моментом, — и нельзя отрицать, что в этом призыве заключается существенно правомерный момент. *Здесь* настоящий момент, постороннее должно заменить собой пустую потусторонность, паутину и туманные образы абстрактного рассудка. Этим приобретается также прочная опора, отсутствие которой чувствовалось в прежней метафизике, т. е. приобретается бесконечное определение. Рассудок подбирает лишь конечные определения; последние лишены в себе устойчивости, шатки, и возведенное на них здание обрушивается. Разум всегда стремился к тому, чтобы найти бесконечное определение, но еще не наступило тогда время, чтобы найти это бесконечное определение в мышлении. И это стремление ухватилось за настоящий момент, за «здесь», за «это», которое имеет в себе бесконечную форму, хотя и не в истинном существовании этой формы. Внешнее есть *в себе* истинное, ибо истинное действительно и должно существовать. Бесконечная определенность, которой ищет разум, существует, таким образом, в мире, хотя она и существует не в своей истине, а в чувственном единичном образе.

Далее, согласно воззрению эмпириков, *восприятие* есть форма, в которой мы должны постигать предметы внешнего мира, и в этом состоит недостаток эмпиризма. Восприятие как таковое всегда есть нечто единичное и преходящее; познание, однако, не останавливается на нем, а в воспринятом единичном оно отыскивает всеобщее и пребывающее, и это составляет переход от простого восприятия к опыту. — В опыте эмпиризм пользуется преимущественно формой *анализа*. В восприятии мы имеем многообразное конкретное, определения которого мы должны разобрать, подобно тому как снимают слои с луковицы. Это расчленение имеет, следовательно, для эмпиризма тот смысл, что мы разъединяем сросшиеся определения, разлагаем их и ничего к ним не прибавляем, кроме субъективной деятельности разложения. Анализ есть, однако, переход от непосредственности восприятия к мысли, поскольку определения, которые совместно содержатся в анализируемом предмете, получают форму всеобщности, благодаря тому, что их отделяют друг от друга.

Эмпиризм находится в заблуждении, полагая, что, анализируя предметы, он оставляет их такими, каковы они есть, тогда как он на самом деле превращает конкретное в нечто абстрактное. Благодаря этому, получается вместе с тем, что живое умерщвляется, ибо живо лишь конкретное, единое. И, однако, это разделение должно совершиться для того, чтобы мы достигли познания, и сам дух есть разделение внутри себя. Это однако, лишь одна сторона, а главным является объединение разделенного. Так как анализ не идет дальше ступени разделения, то к нему применимы слова поэта:

Что в химии зовется, как на грех,
Encheiresis naturae — просто смех.
Знакомы части ей, известен ли предмет?
Безделки в нем, духовной связи нет.

Анализ исходит из конкретного, и обладание этим материалом дает ему большое преимущество над абстрактным мышлением прежней метафизики. Анализ устанавливает различия, и это очень важно; но эти различия сами, в свою очередь, представляют собой лишь абстрактные определения, т. е. *мысли*. Так как эти мысли признаются эмпиризмом реальной сущностью предметов, — тем, что предметы суть в себе, — то перед нами снова предпосылка прежней метафизики, утверждающая, что истинное в вещах заключается именно в мышлении.

§ 39

(Стр. 82)

Относительно принципа эмпиризма сделано было правильное замечание, что в том, что мы называем *опытом* и что мы должны различать от просто единичного восприятия единичных фактов, содержатся *два элемента*: один элемент — сам по себе разрозненный, бесконечно многообразный материал, а другой — *форма*, определения *всеобщности* и *необходимости*. Эмпирическое наблюдение дает нам многочисленные и, пожалуй, бесчисленные одинаковые восприятия. Однако *всеобщность* есть нечто совершенно другое, чем множество. Эмпирическое наблюдение точно так же доставляет нам восприятие следующих друг за другом изменений или лежащих рядом друг с другом предметов, но оно не показывает нам *необходимости* связи. Так как восприятие должно оставаться основой того, что признается истинным, то *всеобщность* и *необходимость* кажутся чем-то *неправомерным*, субъективной случайностью, простой привычкой, содержание которой может носить тот или иной характер.



РАЗВИТИЕ СОЗНАНИЯ ОТ УТОПИИ К НАУКЕ.
ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ¹

20 апреля 1892 г.

(Стр. 21 — 28)

... Великая борьба европейской буржуазии против феодализма дошла до высокого напряжения в трех крупных решительных битвах.

Первой было то, что мы называем реформацией в Германии. Призыв Лютера к возмущению против церкви вызвал два политических восстания: сначала — низшего дворянства под предводительством Франца фон-Зиккингена в 1523 г., а затем — Великую крестьянскую войну 1525 г. Оба они были подавлены главным образом вследствие нерешительности наиболее заинтересованной партии, городской буржуазии; здесь мы не можем остановиться на причинах этой нерешительности. С этого момента борьба выродилась в спор между отдельными князьями и центральной имперской властью и имела своим последствием то, что Германия на двести лет была вычеркнута из списка политически активных наций Европы. Лютеровская реформация установила в ней, во всяком случае, новую религию, именно такую, какая как раз нужна была абсолютной монархии. Не успели крестьяне на северо-востоке Германии принять лютеранство, как они были из свободных людей низведены в крепостные.

Но там, где Лютера постигла неудача, Кальвин добился победы. Его догмы были приурочены к требованиям самой смелой части тогдашней буржуазии. Его учение о предопределении было религиозным выражением факта, что в мире торговли и конкуренции удача или банкротство зависят не от дея-

¹ Развитие социализма от утопии к науке, Б-ка классиков марксизма, Гиз, 1931 г.

тельности или искусства отдельных лиц, а от обстоятельств, от них не зависящих. «Определяет не воля или действия каждого отдельного человека, а милосердие» высших, но неизвестных экономических сил. И это было особенно верно во время экономического переворота, когда старые торговые пути и торговые центры были вытеснены новыми, когда были открыты Америка и Индия, когда даже издревле почитаемые члены экономического символа веры — стоимости золота и серебра — пошатнулись и стремительно пали. Притом церковное устройство у Кальвина было насквозь демократичным и республиканским; а где уже царство божие республиканизировано, могли ли там земные государства оставаться подданными королей, епископов и феодалов-помещиков? Если лютеранство в Германии было удобным орудием в руках германских мелких князей, то кальвинизм дал республику в Голландии и сильные республиканские партии в Англии и особенно в Шотландии.

В кальвинизме нашло себе готовую теорию борьбы второе крупное восстание буржуазии. Это восстание имело место в Англии. Городская буржуазия начала его, а среднее крестьянство, йоменри (уепангу) сельских округов, закончило его победой. Довольно странный факт: во всех трех великих буржуазных революциях крестьяне доставляют армии для битв и они же являются тем именно классом, который после одержанной победы неизбежно приходит к гибели вследствие экономических результатов этой победы. Сто лет спустя после Кромвеля английские йомены почти исчезли. Во всяком случае, только благодаря вмешательству этих йоменов и плебейских элементов городов борьба была доведена до решительного конца, и Карл I взмошел на эшафот. Чтобы пожать даже те плоды победы буржуазии, которые тогда вполне созрели для жатвы, понадобилось, чтобы революция зашла значительно дальше цели — совершенно так же, как в 1793 г. во Франции и в 1848 г. в Германии. Повидимому, таков действительно один из законов развития буржуазного общества.

За этим избытком революционной деятельности последовала неизбежная реакция и, с своей стороны, зашла далеко за свою цель. После ряда колебаний установился наконец новый центр тяжести и послужил исходным пунктом для дальнейшего развития. Замечательный период английской истории, который фидлистеры окрестили «великим бунтом», и следующие за ним битвы завершаются сравнительно незначительным событием 1689 г., которое либеральные историки называют «славной революцией».

Новый исходный пункт был компромиссом между восходящей буржуазией и бывшими феодальными крупными землевладельцами. Последние, считавшиеся тогда, как и теперь, аристократией, уже давно были на пути к тому, чем Луи-Филипп во Фран-

ции стал лишь спустя долгое время: первыми буржуа нации. К счастью для Англии, старые феодальные бароны перебили друг друга в войнах Алой и Белой роз. Их наследники, большей частью также отпрыски этих же старых фамилий, вели, однако, свой род от столь отдаленных боковых линий, что они составили совершенно новую корпорацию. Их навыки и стремления были гораздо более буржуазными, чем феодальными. Они прекрасно знали стоимость денег и немедленно занялись повышением своей земельной ренты, прогнав с земли сотни мелких арендаторов и заменив их овцами. Генрих VIII массами создавал новых ленд-лордов из буржуазии, раздавая и проматывая церковные имения; к тому же результату приводили непрерывно продолжавшиеся до конца XVII столетия конфискации крупных имений, которые затем раздавались выскочкам или полувыскочкам. Поэтому английская «аристократия» со времени Генриха VIII не только не противодействовала развитию промышленности, но, напротив, старалась извлекать из нее пользу. И точно так же всегда находилась часть крупных землевладельцев, которая из экономических или политических побуждений соглашалась на сотрудничество с вождями финансовой и промышленной буржуазии. Таким образом легко мог осуществиться компромисс 1689 г. Политические *spolia opima* (победные трофеи) — должности, sineкуры, высокие оклады — остались на долю знатных родов земельного дворянства с условием в меру соблюдать экономические интересы финансовой, промышленной и торговой буржуазии. Эти экономические интересы уже тогда были достаточно сильны; в конце концов они определяли собой общую национальную политику. Конечно, существовали разногласия по тому или другому вопросу, но аристократическая олигархия слишком хорошо понимала, как неразрывно связано ее собственное экономическое благополучие с процветанием промышленной и торговой буржуазии.

С этого времени буржуазия стала скромной, но признанной частью господствующих классов Англии. Вместе с ними у нее имеется общий интерес в подавлении огромной трудящейся массы народа. Купец или фабрикант по отношению к своим приказчикам, своим рабочим, своей челяди сам занимал положение хлебодавца, хозяина или, как еще недавно выражались в Англии, «естественного начальника». Он должен был выколачивать из них возможно большее количество труда возможно лучшего качества; с этой целью ему надо было воспитывать их в надлежащей покорности. Он и сам был религиозен: его религия доставила ему знамя, с которым он победил короля и лордов. Не так давно он открыл также в этой религии средства, чтобы обрабатывать своих естественных подданных и делать их послушными приказам.

Хозяев, которых поставил над ними неисповедимый промысел божий. Короче говоря, английский буржуа с этого времени был соучастником в подавлении «низших сословий» — огромной производящей народной массы, — и одним из применявшихся при этом средств было влияние религии.

Но сюда присосдинилось еще другое обстоятельство, усилившее религиозное влечение буржуазии: расцвет материализма в Англии. Это новое безбожное учение не только приводило в ужас благочестивого буржуа, — оно в довершение всего объявило себя философией, которая как раз подходит для ученых и образованных людей как противовес религии и которая достаточно хороша для необразованной, огромной народной массы, включая и буржуазию. Вместе с Гоббсом оно выступило защитником королевского всемогущества и призывало абсолютную монархию к укрощению этого *puer robustus sed malitiosus* (крепкого, но коварного парнишки), т. е. народа. Даже у последователей Гоббса — Болингброка, Шефтсбери и пр. — новая, действительная форма материализма оставалась аристократическим, эзотерическим (годным для посвященных) учением, и поэтому материализм был ненавистен буржуазии не только за свою религиозную ересь, но и за его антибуржуазные политические связи. Соответственно этому, в противоположность материализму и деизму аристократии, именно протестантские секты, которые доставили знамя и бойцов в борьбе против Стюартов, выставили также главные боевые силы прогрессивного среднего класса и еще сейчас составляют хребет «великой либеральной партии».

Тем временем материализм перекочевал из Англии во Францию, где он нашел вторую материалистическую философскую школу, которая вышла из картезианской философии и с которой он и слился. И во Франции он вначале оставался исключительно аристократическим учением. Но скоро выступил наружу его революционный характер. Французские материалисты не ограничились своей критикой только областью религии; они критиковали каждую научную традицию, каждое политическое учреждение своего времени. Чтобы доказать всеобщую приложимость своей теории, они избрали кратчайший путь: они смело приложили ее ко всем объектам знания в том гигантском труде, от которого они получили свое имя, в *Encyclopédie* («Энциклопедия»). Таким-то образом в той или иной форме, как открытый материализм или как деизм, материализм стал мировоззрением всей образованной молодежи во Франции. И это — в такой мере, что во время Великой революции рожденное на свет английскими роялистами учение доставило французским республиканцам и террористам теоретическое знамя и дало текст для «Декларации прав человека».

Великая французская революция была третьим восстанием буржуазии, но первым, которое совершенно сбросило с себя религиозную мантию и протекло во всех стадиях на открытой политической почве. Она была также и первым восстанием, которое действительно было проведено до конца, до уничтожения одной из борющихся сторон, аристократии, и до полной победы другой стороны, буржуазии. В Англии непрерывное существование дореволюционных и послереволюционных учреждений и компромисс между крупными землевладельцами и капиталистами нашли свое выражение в непрерывности судебных прецедентов, равно как и почтительном сохранении феодальных законодательных форм. Во Франции революция окончательно порвала с традициями прошлого, уничтожила последние следы феодализма и создала в Code civil (гражданском кодексе) мастерское приспособление старого римского права к новейшим капиталистическим отношениям, — того самого права, которое является почти совершенным выражением юридических отношений, вытекающих из той ступени экономического развития, которую Маркс называет «товарным производством». Приспособление сделано до такой степени мастерски, что этот революционный французский кодекс законов еще и сейчас во всех других странах, не исключая и Англии, служит образцом при реформах права собственности. При этом, однако, не следует забывать одного: английское право продолжает выражать экономические отношения капиталистического общества на варварском феодальном наречии, которое столько же соответствует выражаемому предмету, сколько английская орфография — английскому чтению: «Vous écrivez Londres et vous prononcez Constantinople» («Вы пишете Лондон, а читаете Константинополь»), сказал один француз. Но зато это же самое английское право является единственным, которое неподдельно строго сохранило и пересадило в Америку и в колонии лучшую часть той личной свободы, местного самоуправления и обеспеченности от всякого чужого вторжения, кроме судебного, — коротко говоря, тех древнегерманских свобод, которые на континенте под властью абсолютных монархий совершенно исчезли и до сих пор нигде еще не завоеваны обратно в полном объеме.

Вернемся, однако, к нашему британскому буржуа. Французская революция дала ему великолепный случай с помощью континентальных монархий разрушить французскую морскую торговлю, захватить французские колонии и уничтожить последние французские притязания на морское соперничество. Это было одним из оснований, почему он выступил на борьбу с нею. Вторым было то, что методы этой революции очень уж претили ему, — не только ее «проклятый террор, но уже одна ее попытка донести до крайности господство буржуазии». Да и что бы делал

на свете британский буржуа без своей аристократии, которая и манерам его обучила (манеры, достойные учителя!), и моды для него приобрела, которая доставила ему офицеров для армии, — этой охранительницы порядка внутри страны, — и для флота, завоевывающего новые колониальные владения и новые рынки? Впрочем, среди буржуазии было все же прогрессивное меньшинство, — люди, интересы которых не очень процветали от компромисса. Это меньшинство, состоящее из мелкой буржуазии, относилось с симпатией к революции, но оно было бессильно в парламенте.

Чем больше, таким образом, материализм становился символом веры французской революции, тем крепче держался богобоязненный английский буржуа своей религии. Разве эпоха террора в Париже не показала, что выходит, когда у народа отнимают религию? Чем больше материализм во Франции распространялся на соседние страны и получал подкрепление от родственных теоретических течений, особенно от германской философии; чем больше материализм и вообще свободомыслие действительно становилось на континенте необходимым признаком образованного человека, — тем упорнее английский средний класс держался за свои разнообразные религиозные вероисповедания. Как бы сильно они ни отличались друг от друга, но все они решительно были религиозными христианскими вероисповеданиями.

В то время как революция во Франции привела буржуазию к победе в политике, в это время в Англии Уатт, Аркрайт, Картрайт и другие произвели промышленную революцию, которая совершенно переместила центр тяжести экономических сил. Богатство буржуазии теперь стало расти бесконечно быстрее, чем богатство земельной аристократии. Внутри самой буржуазии финансовая аристократия, банкиры и т. п. все более стали отступать на задний план в сравнении с фабрикантами. Компромисс 1689 г., даже после постепенно происходивших изменений в пользу буржуазии, уже более не соответствовал соотношению сил участников этого соглашения. Характер участников также изменился: буржуазия 1830 г. очень отличалась от буржуазии прошлого (XVIII) столетия. Остававшаяся еще в руках аристократии политическая власть, которую она использовала против притязаний новой промышленной буржуазии, стала несовместимой с новыми экономическими интересами. Приходилось возобновить борьбу против аристократии: борьба могла кончиться только победой новых экономических сил. Под влиянием французской революции 1830 г., несмотря на все сопротивление, впервые была проведена парламентская реформа. Это создало буржуазии признанное сильное положение в парламенте. Затем пришла от-

мена хлебных законов, которая раз навсегда установила перевес буржуазии над земельной аристократией, — особенно ее самой деятельной части, — фабрикантов. Это была величайшая победа буржуазии, но в то же время и последняя, которую она одержала исключительно в своем собственном интересе. Все ее позднейшие триумфы ей приходилось делить с новой, сначала с ней связанной, но затем вступившей с ней в борьбу социальной силой.

Промышленная революция создала класс крупных капиталистов-фабрикантов, но вместе с тем гораздо более многочисленный класс фабричных рабочих. Этот класс непрерывно рос в числе, по мере того как промышленная революция захватывала одну отрасль производства за другой. Вместе с его численностью росла также и его сила, и эта сила обнаружила себя уже в 1824 г., когда она принудила парламент, несмотря на его упорное сопротивление, отменить законы против свободы коалиций. Во время агитации за парламентскую реформу рабочие составляли радикальное крыло партии реформ. Когда акты 1832 г. все-таки не дали им права голоса, они изложили свои требования в Народной хартии (people's charter) и, в противоположность сильной буржуазной Лиге против хлебных законов, организовались в независимую партию чартистов. Это была *первая рабочая партия* нашего времени.

БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

1. Общий прогресс науки в XVII в.
2. Старые университеты и их борьба против новой науки.
3. Научные общества.
4. Научные журналы в XVII веке.

БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Развитие производительных сил ставит перед наукой ряд практических задач и с повелительной необходимостью требует их разрешения. Официальная наука, средоточием которой являются средневековые университеты, не только не пытается решить эти задачи, но активно выступает против развивающегося естествознания. Университеты периода XV—XVII вв. являются опорой феодализма. Они являются не только носителями феодальных традиций, но и активными их защитниками. В 1655 г. во время борьбы цеховых мастеров с рабочими товариществами Сорбонна деятельно выступает в защиту мастеров и цехового строя, подкрепляя борющихся мастеров «доказательствами от науки и священного писания».

Весь строй преподавания средневековых университетов представляет законченную систему схоластики. Естествознанию не было места в средневековых университетах. В Париже в 1355 году было разрешено преподавать геометрию Эвклида только по праздникам. Основными «естественно-научными» дисциплинами были книги Аристотеля, из которого было выхолощено все живое содержание. Даже медицина преподавалась как логическая наука. Никто не допускался к изучению медицины, если до этого в течение трех лет не изучал логики. Правда для допущения к испытаниям по медицине требовался аргумент и не логического характера — свидетельство о том, что студент произошел от законного брака, — но, как видно, одного этого не логического аргумента было недостаточно для знания медицины и знаменитый хирург Арнольд Вилльнев из Монпелье жалуется, что даже профессора медицинского факультета не могут не только вылечить от самой обыкновенной болезни, но даже поставить больному клизму.

Всего, чего нет у Аристотеля, для них не существует.

Когда Галилей изобрел телескоп и открыл фазы Венеры, то, в то время, как торговые компании обращались к нему за его телескопом, превосходящими изготовленные в Голландии, школьные университетские философы и слышать не хотели о новых фактах.

С такой же силой, как отживающие феодальные отношения борются против новых прогрессивных способов производства, феодальные университеты восстают против новой науки.



Рис. 74. Группа ученых на диспуте (часть картины „Христос в храме). Гривюра 1530.

«Посмеемся мой Кеплер,— писал с горечью Галилей Кеплеру 19 августа 1610 г.,— великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней школы, которые с каким то упорством аспида, несмотря на тысячекратные приглашения, не хотели даже взглянуть на планеты, ни на луну, ни даже на самый телескоп. Поистине, глаза этих людей закрыты для света истины. Замечательно, но меня не дивит. Этот род людей думает, что философия — какая-то книга... истину же надо искать не в мире, не в природе, а в сличении текстов».

Когда Декарт со всей решительностью выступил против аристотелевой физики скрытых качеств и против университетской схоластики, он встретил бешеный отпор со стороны Рима и Сорбонны. В 1671 г. богословы и медики Парижского университета домогались правительственного постановления, осуждающего учения Декарта.

Буало в едкой сатире высмеял эти домогательства ученых схоластиков. Мы приводим целиком этот замечательный документ, прекрасно рисующий положение дел в средневековых университетах.



Рис. 75. Юрист Язон де-Майно дик ует лекцию Гравюра из книги 1535

Еще во второй половине XVIII в. во Франции профессора-иезуиты не могли помириться с теорией Коперника. Лессер и Жакье в 1760 г. в латинском издании «Начал» Ньютона, сочли необходимым сделать следующее примечание: «Ньютон в третьей книге принимает гипотезу о движении земли. Предположения автора не могут быть объяснены иначе, как на основании этой гипотезы. Таким образом мы вынуждены выступать от чужого имени. Сами же мы открыто заявляем, что мы следуем постановлениям, изданным верховными первосвященниками против движения земли».

Университеты готовили почти исключительно теологов и юристов. Церковь была интернациональным центром феодализма, и сама являлась крупным феодальным владельцем, так как ей принадлежало не менее трети всего католического землевладения.

Средневековые университеты являлись мощным орудием господства церкви. Между тем, те технические проблемы, которые мы очертили в первой теме, требовали громадных технических знаний, большой математической и физической выучки.

Если после темной ночи средневековья наука начинает развиваться с чудесной быстротой, то этим мы обязаны развитию промышленности. (Энгельс).

Со времени крестовых походов промышленность колоссально развилась и добыла массу новых фактов (металлургия, горное дело, военная промышленность, красильное дело), которые доставили не только новый материал для наблюдения, но и новые средства экспериментирования и допустили построение новых инструментов. Можно сказать, что систематическая экспериментальная наука стала возможной только с этого времени.

Далее, великие географические открытия, которые в конечном счете также определялись производственными интересами, доставили промадный недоступный до того времени материал в области физики (напр. магнитные склонения), астрономии, метеорологии, ботаники.

Наконец в середине XV в. появляется мощное орудие распространения знаний — печатный станок.

Строительство каналов, шлюзов и судов, прокладка штолен и шахт, их вентиляция и откачка воды, расчет и строительство огнестрельных орудий и крепостей, проблемы баллистики, производство и расчет инструментов для мореплавания, разработка методов ориентировки судов, — все это требовало людей совершенно иного типа, чем те, которых готовили тогдашние университеты. Уже в третьей четверти XVI в. Иоганн Матезиус, перечисляя минимум знаний, необходимый для маркшейдера, указывает, что он должен вполне владеть методом триангуляции, знать хорошо геометрию Эвклида, уметь хорошо обращаться с компасом, необходимым при прокладке штолен, уметь вычислять правильное направление шахты, знать устройство насосов и вентиляционных приспособлений. Он указывает, что для прокладки штолен и разработки шахт нужны теоретически образованные инженеры, так как это дело далеко превосходит силы простого необразованного порнорабочего¹. Понятно, всему этому нельзя было выучиться в тогдашних университетах. Новая наука вырастает в борьбе с университетами, как внеуниверситетская наука.

Борьба университетской науки с внеуниверситетской, обслуживающей потребности поднимающейся буржуазии, есть отражение в идеологической области классовой борьбы буржуазии с феодализмом.

Шаг за шагом вместе с расцветом буржуазии, шел расцвет науки. Буржуазии для развития ее промышленности нужна была наука, которая исследовала бы свойства материальных тел

¹ См. первую тему, стр. 104 и след.

и форму проявления сил природы. До этого времени наука была смиренной слугой церкви и ей не позволено было выходить за пределы, установленные верой. Буржуазия нуждалась в науке и наука восстала против церкви вместе с буржуазией. Так буржуазия приходит в столкновение с феодальной церковью (Энгельс). Помимо профессиональных школ (маркшейдерские школы, школы для подготовки артиллеристов), центрами новой науки, нового естествознания, являются и внеуниверситетские научные общества.

В пятидесятых годах XVII в. во Флоренции основывается знаменитая флорентийская Академия дель-Чименто, ставящая своей задачей исследование природы путем опыта. Она насчитывает в своем составе таких ученых, как Борелли, Вивiani. Академия является духовной наследницей Галилея и Торичелли и продолжает их труды. Ее девиз: «provaque e provaque» (проверить и снова проверять на опыте).

В 1645 г. в Лондоне возникает кружок естествоиспытателей, еженедельно собиравшийся для обсуждения научных вопросов и новых открытий.

Из него в 1661 г. вырастает Королевское общество. Королевское общество объединяет наиболее передовых и выдающихся ученых Англии и в противовес университетской схоластике ставит своим девизом «nullius in verba» (ничему не верить на слово). В нем принимают деятельное участие Роберт Бойль, Брункер, Ренн, Галлей, Роберт Гук. Одним из самых выдающихся членов Королевского общества был Ньютон.

Мы видим, что поднимающаяся буржуазия ставит естествознание себе на службу, на службу развитию производительных сил. Она является для того времени наиболее прогрессивным классом, и требует наиболее прогрессивной науки.

Английская революция дает мощный толчок развитию производительных сил. Появляется необходимость не только эмпирически решать отдельные проблемы, но и заложить прочный теоретический фундамент для решения общими методами всей совокупности физических проблем, которые ставит на очередь развитие производительных сил и новой техники.



ОБЩИЙ ПРОГРЕСС НАУКИ В XVII в¹.

В отношении приборов XVII века мы обязаны микроскопом, телескопом и приборами для шлифовки их линз. В этом же

¹ М. Ornstein, The rôle of scientific societies in the 17th Century, 1913, Стр. 10—19.

веке в маятнике впервые получили точный прибор для измерения времени, были созданы термометр, барометр и воздушный насос. Таким образом XVII век создал основную аппаратуру физической лаборатории.

XVII же век создал места, где могла проводиться экспериментальная работа, и условия, обеспечивающие возможность ее проведения. Правда, тут надо сделать одну оговорку — химия, вернее алхимия, обладала уже в течение многих предшествовавших веков своими лабораториями, печами, охлаждающей и осушающей аппаратурой, разнообразными стеклянными сосудами, дистилляционной аппаратурой. Аптекарь тоже имел свою дистилляционную аппаратуру, свои печи для химических и фармацевтических работ. Но идея лаборатории физической, не алхимической и не фармакологической, зародилась именно в XVII в. Конечно, самые первые лаборатории были оборудованы не слишком блестяще. Часто местом производства опытов служила спальня или кухня ученого. Например исследовательские работы по оптике Ньютона проводились в его собственной квартире. Роберт Бойль проверял свои законы об упругости газов в трубах, проходящих вдоль лестницы. Но еще до конца века некоторые из этих кустарных лабораторий, правда, в редких случаях, были заменены лабораториями в современном понимании этого слова, оборудованными измерительными приборами и различной аппаратурой, необходимой для научных работ. Около 1700 г. физические и химические лаборатории уже существовали, хотя и в зачаточном виде.

Астрономическая лаборатория — обсерватория, отчасти благодаря связи своей с астрологией, существовала уже много раньше. Но XVII век дал обсерваторию в теперешнем ее виде, оборудованную телескопом и точными приборами и сделавшую возможной впоследствии работу по составлению систематических небесных карт. В XVII в. получили большое развитие ботанические сады; в XVII же веке было основано много анатомических театров, что способствовало распространению метода диссекции и изучению медицины вообще. В самых различных областях науки были основаны лаборатории, где культивировался экспериментаторский дух.

Успехи науки в XVII веке будут видны яснее всего, если сравнить в общих чертах сведения, которыми обладал человек, хорошо осведомленный во всех областях науки в 1600 г. и которого мы для удобства назовем *A*, со сведениями, которыми обладал в 1700 г. человек *B*, также хорошо знакомый со всеми научными достижениями своего времени. Разница между научными истинами, известными *A* и *B*, будет представлять собой

суммированные разрозненные работы и знания многих отдельных ученых века. Кроме того мы сможем таким образом получить более ясное понятие о том, насколько велики были сделанные XVII веком вклады в науку.

Начнем с физики и рассмотрим первую основную часть ее — динамику. А был бы проникнут идеями Аристотеля. В, благодаря Галилею, Кеплеру и Ньютону, был бы во многих отношениях на уровне современных знаний. Насколько велико при этом различие между обоими, можно видеть из нижеследующего:

А считал, что:

1. Телам свойственно естественное движение вверх или вниз. Первые называются «тяжелыми», вторые «существенно легкими».

2. Имеются два вида движения: движение небесных тел совершенное, происходящее по кругу, неизменное; движение земных тел, прямолинейное и для продолжения его требуется непрерывное воздействие какой-либо силы. Если последнее прекратится, прекратится и движение.

3. Тела падают с ускорением, потому что при падении тела воздух придает ему скорость; отсюда, в безвоздушном пространстве (если бы существование его было допустимо) падение тел происходило бы с равномерной скоростью.

4. Более тяжелые тела падают скорее легких.

В знал, что:

1. Все тела подчиняются закону притяжения и являются «тяжелыми».

2. Каждое тело, как небесное, так и земное, остается в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока оно не будет выведено из этого состояния воздействием какой-нибудь силы. Таким образом, при отсутствии сопротивления прямолинейное равномерное движение продолжалось бы бесконечно. «Силой» называется то, что изменяет состояние покоя или движения тела.

3. Тела падают с ускорением, подчиняясь закону притяжения; воздух не ускоряет, а задерживает движение.

4. Все тела падают с одинаковым ускорением.

Переходя от динамики к аэростатике, мы видим, что А не мог бы представить себе весомости воздуха или возможности создания вакуума. «Природа не терпит пустоты» было бы для

него аксиомой. В мог бы уже понять явление атмосферного давления (Торичелли), его колебания при различных атмосферных условиях, на различной высоте; он мог бы обладать воздушным насосом и знал бы большую часть свойств вакуума (Герике и Бойль). Что касается гидростатики, то хотя знания А и были бы направлены по верному пути Стевином, однако В пошел бы гораздо дальше и знал бы уже все основные принципы гидростатики (Торичелли, Паскаль, Мариотт). В области акустики А знал бы только о зависимости между длиной струны и высотой тона. В были бы известны законы колеблющихся струн и он знал бы скорость распространения звука.

В оптике А разбирался бы больше, чем в каких бы то ни было других областях, так как со времени Роджера Бэкона уже были известны свойства фокуса сферических зеркал. Мавролик (1494—1575) изучал свойства линз. Вслед за этим в книге дела Порта «Естественная магия» (*Magia naturalis*) было дано описание камеры-обскуры, считающейся первым телескопом. С другой стороны, В был бы знаком с мельчайшими особенностями свойств фокусов линз (Кеплер и Декарт); он понимал бы законы преломления лучей при прохождении их из менее плотной в более плотную среду (Снеллий); он даже знал бы законы дифракции (Гримальди). Ему были бы известны природа белого цвета и разложение его на цвета спектра (Ньютон). Он знал бы две теории света: корпускулярную теорию Ньютона и волновую Гюйгенса.

В области магнетизма и электричества А был бы знаком только с магнитом, компасом и электрическими свойствами янтаря. В, хотя знания его в этой области и были бы меньше, чем в других отраслях физики, было бы известно, однако, явление земного магнетизма и он был бы знаком с магнитным наклонением и склонением; он знал бы также помимо янтаря другие вещества, обладающие электрическими свойствами (Гильберт и Герике).

Обращаясь к астрономии и сравнивая уровень ее в 1600 и 1700 годах, мы видим, что в 1600 году астрономия ушла значительно дальше всех других естественных наук, так как система Коперника являлась достижением еще XVI века. Но в том виде, в каком она была передана XVII веку, она обладала двумя существенными ошибками, а именно: она предполагала круговое движение планет и равномерную скорость движения небесных тел. Кроме того в 1600 г. она была известна очень немногим и была признана еще меньшим числом людей. Таким образом А мог бы уже быть сторонником гипотезы Коперника или принимать компромиссную мировую систему Тихо Браге, основные положения которой сводились к тому, что луна и солнце дви-

жуются вокруг земли, в то время как Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн — вокруг солнца, — систему, соответствовавшую данным тогдашних наблюдений и имевшую еще то преимущество, что она не противоречила библейскому тексту. Благодаря изысканиям Тихо Браге, А мог бы знать о существовании переменных звезд и о том, как много неприятностей они причинили тем, кто придерживался теории неизменности небесных тел. Он мог бы знать, что Тихо высказал неслыханное утверждение, что комета может находиться на большем расстоянии от земли, чем луна, и что это утверждение вызвало бурю негодования, так как не близостью ли комет объяснялось их влияние на судьбы людей?

Около 1700 г. телескоп полностью революционизировал астрономию. Вооруженный им В мог бы в фазах внутренних планет усмотреть несомненное доказательство правильности системы Коперника. Он мог бы видеть луны Юпитера и Сатурна и кольца Сатурна. Он мог бы знать, что из наблюдений Тихо Браге Кеплер вывел эмпирическим путем свои знаменитые законы. Гук, Рэн и Галлей изучали законы движения небесных тел и наконец Ньютон доказал правильность формулы, что притяжение меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, объясняя таким образом все небесные явления. Появление этой ньютоновской формулы уничтожило последние остатки оппозиции по отношению к Копернику. Благодаря ей декартовскому сложному объяснению небесной механики как вихревого движения был нанесен решительный удар еще до конца века, давшего жизнь этой теории и с таким энтузиазмом ее принявшего. В 1700 г., благодаря исследовательским работам Гевелиуса, Гюйгенса и Галлея, В мог бы уже знать, что орбиты комет подчинены тем же установленным и поддающимся определению законам, что и орбиты планет. Он настолько далеко ушел бы от аристотелевских идей, что солнечные пятна, переменные звезды и сфероидальная форма земли несколько не мешали бы ему ощущать совершенство вселенной.

В химии понятия А и В не были бы столь фундаментально различны. Знания А в области химии в 1600 г. сводились бы к признанию теорий Аристотеля и Парацельса. Аристотель считал, что имеется четыре основных свойства, «состояния»: холод, тепло и сухость как свойства твердых тел и влажность как свойство тел жидких. Эти четыре свойства могли комбинироваться в четыре различных пары. Четыре элемента, согласно Аристотелю, являлись носителями этих пар свойств, а именно: земля — холодная и сухая, вода — холодная и мокрая, воздух — влажный и горячий, огонь — сухой и горячий. Поскольку эти четыре элемента заключали в себе все возможные состояния

материи, сии и считались составными частями всего материального мира. А объяснял бы изменением пропорций аристотелевских элементов различные физические строения материи, различную степень соединений и изменения, вызванные влиянием температуры. Быстрое превращение воды в лед или в пар делали возможным предположение, что внешне совершенно различные предметы могут, однако, состоять из одного и того же вещества.

Парацельс и некоторые из его предшественников считали, что все вещества состоят из ртути, серы и соли. Это проходящее через весь XVII век стремление признать три основных субстанции не так непонятно, как кажется. Под «серой» понималось не само вещество серы, а все то, что является горючим в материи, «ртутью» называлось все летучее, блестящее, металлическое, «солью» — все то, что остается в виде пепла после того, как тело сгорит. Всякое вещество под действием огня менялось, т. е., очевидно, оно обязательно состояло из трех частей — сгоравшей, улетучивавшейся и остававшейся в виде пепла. Понятно, что процесс сгорания неизбежно представлялся процессом упрощения, разложения вещества на его составные части. Отсюда вполне понятным станет заблуждение, объяснявшее причину изменения веществ под действием огня тем, что все эти вещества состояли из трех основных элементов — типичный образчик средневекового, вводящего самого себя в заблуждение образа мыслей. Из этих-то трех элементов, по тогдашнему мнению, и состояли животное, растительное и минеральное царства. Согласно Парацельсу, здоровье обуславливалось нормальным соотношением этих трех элементов, болезнь же считалась нарушением нормального соотношения, причем считалось, что необходимое равновесие можно было восстановить путем применения умело приготовленных лекарств. Эта теория несомненно увеличивала поле деятельности химии и подчеркивала значение приготовления лекарств. Она стала частью изучения болезней и искусства лечения.

Теория эта существовала до конца XVII в., и как *A*, так и *B* могли считать, что главной задачей химии являлась фармацевтика, и соглашались с Парацельсом в том, что здоровье и болезни являются лишь химическими состояниями человека.

Но *B* кроме того мог бы быть последователем Роберта Бойля, который стоял за новый вид химии, отделенный от алхимии и медицины, от которой он не требовал ничего, кроме изучения явлений природы, для которой это изучение являлось бы конечной целью. Бойль, в противоположность Парацельсу, настаивал на том, что огонь не разлагает тела на основные элементы, но, напротив, различная степень нагрева создает различные

вещества и может даже добавить нечто новое к уже существующему, в то время как именно другие процессы, а не огонь, разлагают вещества на простейшие части. Далее он говорил, что, строго говоря, «элементами» можно называть только такие вещества, которые нельзя разложить ни одним из известных процессов, и утверждал, что точное число таких веществ неизвестно. Этой своей концепцией элементов он положил краеугольный камень современной химии. Бойль разъяснил сущность химических соединений и первым увидел, насколько тесно физика и химия соприкасаются в изучении явлений природы. Однако следует сказать, что как один факт существования в 1600 г. теории Коперника далеко еще не означал того, что все астрономы были обязательно его последователями, так и одно наличие передовых взглядов Бойля едва ли обеспечивало признание их всеми химиками, так что В был бы, вероятно, сторонником Парацельса.

Мы будем говорить о математике¹ лишь постольку, поскольку она является одним из орудий научных изысканий, и посмотрим, насколько различны были даваемые ею возможности в руках А и в руках В.

Около 1600 г. новым приемам в области основных действий арифметики была придана удобоупотребительная форма; вычисления дробей упростились и даже введено уже было обозначение десятичной дроби при помощи запятой. Что касается геометрии, то А недалеко ушел бы от обширных знаний греков, нашедших выражение в «Началах» Эвклида и «Космических сечениях» Аполлония. Он знал бы тригонометрические функции и пользовался бы для своих астрономических вычислений тщательно составленными тригонометрическими таблицами — ценным наследием XVI в. По алгебре в его распоряжении имелись бы все основные понятия, хотя и не выраженные еще в современной терминологии.

Знания В заключали бы в себе разработку и систематизацию известных фактов. Характерно то, что в области арифметики XVII век сначала обратился к вопросу изобретения счетных машин. Изучение сходящихся рядов и открытие логарифмов (Непером, и Бриггсом) произвели переворот в области вычислений. В знал бы новое практическое применение арифметики для целей статистики (как, например, таблицы смертности сэра В. Петти, Галлея), кое что по теории вероятностей (Паскаль, Ферма) и имел бы в своем распоряжении алгебру в современном ее виде (Декарт). Он был бы знаком с методом Декарта выражать геометрические понятия посредством алгебраических

¹ *Idem*, стр. 25—27.

уравнений, путем отнесения точек к неподвижной системе координат. Это изобретение оказало громадную помощь, давая графический способ воспроизведения таких соотношений величин, которые часто встречаются в физике, химии и в любой области физического мира. В знал бы ряд свойств плоских кривых высших порядков (Декарт, Лейбниц, Бернулли, Ньютон), он был бы знаком со многими свойствами циклоидальных кривых (Галилей, Роберваль, Гюйгенс, Бернулли), кривых, имеющих громадное значение в истории физики, поскольку благодаря их свойствам Гюйгенс изобрел свой изохронный маятник. Но исследования, которым суждено было сделать в дальнейшем математику наиболее мощным орудием науки, относились к применению бесконечно малых. Сначала при изучении последних имелся в виду почти исключительно расчет объемов и площадей (Кеплер, Кавальери, Роберваль, Гюйгенс, Рэн, Валлис, Барроу); позже в руках Ньютона и Лейбница оно привело к дифференциальному и интегральному исчислениям, с открытием которых математика обратилась в самое мощное орудие изысканий в области физики и астрономии. В этом самом виде математика имеет для последних такое же значение, как телескоп для астрономии и микроскоп для зоологии. Этому орудии научных исследований фактически суждено было монополизировать все усилия ученых XVIII в. и совместно с методами непосредственного экспериментирования сыграть главную роль и продолжать играть ее и сейчас в области неорганических наук.

Сравнение показало¹ насколько велик был прогресс в различных областях науки. Наибольшего прогресса удалось достигнуть в области физики, астрономии и математики. Действительно, тут были установлены основные истины, положившие начало дальнейшему развитию этих наук; значительный прогресс наблюдался в ботанике, зоологии и химии; меньший — в геологии и палеонтологии. Большинство этих научных достижений было получено посредством опытов и наблюдений. Каждая новая истина разъяснялась на основе наглядных фактов, прежде чем стать частью научных знаний. Таким образом XVII век является веком, который ввел эксперимент в науку, создав тем новые возможности ее дальнейшего развития. Из сказанного видно, что наука являла разительный контраст по сравнению с другими областями духовной деятельности того времени. Старые суеверия продолжали владеть большинством людей. В ведьм верили все без исключения, и в последнее десятилетие века профессора наиболее просвещенного университета — в Галле — собрались для обсуждения способов испытаний ведьм, и Христиан Томазиус, один из ведущих умов

в науке, присоединился к дискуссии, совершенно убежденный в ее необходимости. Вера в целебную силу «прикосновения» царилла — в XVII в. Людовик XIV прикоснулся к 1600 людям, Карл II — к еще большему числу. Великий экспериментатор Бойль ездил в Ирландию за прикосновением Валентинны Гретрикс.



СТАРЫЕ УНИВЕРСИТЕТЫ И ИХ БОРЬБА ПРОТИВ НОВОЙ НАУКИ

Университеты, основанные в период средневековья, являются в XVII в. оплотом научной реакции и схоластики. Преподаваемые в университете предметы совсем не отвечают новым требованиям.

Если мы перейдем, говорит Муллинджер¹, к рассмотрению того, в какой мере курс, проходимый студентом, отличается от курса, рассмотренного при разборе периода средневековья, то увидим, что консерватизм в области светских наук почти столь же удивителен, как новшества в науках теологических. Мы уже видели, что по статутам 1549 г. изучение математики заменило занятия грамматикой². В елизаветинских же статутах математики совсем нет в обязательном для студентов курсе. Правда, профессора математики все еще читали лекции, но нет сведений о том, что посещение их было в какой бы то ни было мере обязательно, и посещавшие их лица оказываются или студентами второго курса или бакалаврами искусств. Пожалуй, не лишнее упомянуть, что объем сведений, который они могли получить, был ничтожен. Они слушали элементарные правила арифметики, изложенные Кутбертом Тунсталлем или Иеронимом Карданом³. По геометрии они могли пройти из Эвклида столько, сколько

¹ Mullinger, The University of Cambridge, 1884 г., стр. 401 — 403.

² В 1549 г. обучение «математике» заключалось в преподавании космографии, арифметики, геометрии и астрономии. Учебниками были: Мела, Плиний, Страбон и Птомелей. Тунсталл, Кардан и Эвклид предназначались для чтения профессоров. *Примечание автора.*

³ Practica Arithmeticae et mensurandi Singularis. Милан 1539 г. «Об этом, — говорит де-Морган, — нельзя ничего сказать кроме того, что, как можно ожидать от итальянцев того времени. Кардан имеет большие способности к вычислению, чем французский и немецкие писатели. В книге есть глава, перечисляющая все числа, имеющие мистическое значение, как он их называет, одним из применений которых является предсказывание событий. Это, главным образом, числа, упоминаемые в старом и новом завете, но не только они одни; 400, например, появляются потому, что оно было (что на самом деле неверно) числом епископом на Никейском соборе». Arithmetical Books, стр. 17. *Прим. автора.*

заключалось в определениях, аксиомах и нескольких теоремах первой книги. Сведения, которые можно было получить по космографии и астрономии, были еще менее удовлетворительны, так как были не только скудны, но в большей своей части просто неправильны. В век Галилея и Кеплера и почти сто лет после того, как Коперник пришел к своему великому открытию, студенты Кембриджа и Оксфорда все еще черпали свои знания о небесной системе из *Συταξις* Птолемея; и хотя не меньше времени прошло с тех пор, как Магеллан и Васко де-Гамма обогнули южный материк, этот студент все еще обращался за

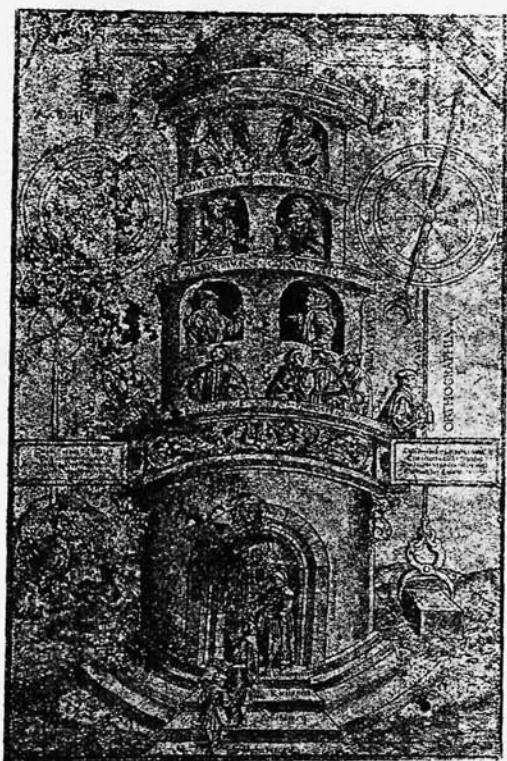


Рис. 76. Башня грамматики, Аллегорическое изображение. Гравюра 1548,

сведениями по космографии к «Тимею» Платона, а за сведениями по географии — к языческим писателям I века — Страбону или Плинию или к тем кратким очеркам, в которых Помпоний Мела суммировал географические познания римлян эпохи Клавдия.

Объяснение такого удивительного равнодушия к наукам, называемом в то время «математическими», нельзя искать в одном только духе консерватизма. Высказывания великого математика Валлиса, поступившего в колледж Эммануила в 1632 г., иначе освещают этот вопрос. «Даже в то время, — говорит он нам, — «математику» изучали в Лондоне больше, чем в каком бы то ни было университете, так как предметы, обозначавшиеся этим термином, считались принадлежащими скорее к практической жизни, чем к проходным в университете программам¹, т. е. к тому классу «механических предметов», которые, по выражению Бэкона, считались такими, что было «как бы бесчестьем для науки опускаться до исследований или размышлений о них»...

Место «математики» занимает риторика. Наиболее прилежные и умные бакалавры, очевидно, хотели сочетать с этим узким образованием изучение традиционных этики, физики и метафизики того времени.

Но чтобы предотвратить то преувеличенное впечатление, которые могут иначе произвести эти имеющиеся в настоящее время столь большое значение термины, нужно помнить, что схоластики все еще считались главными авторитетами в этих вопросах и что при исследовании какого-нибудь спорного вопроса физики, высказывание римского или греческого отца церкви часто считалось решающим.

Всякое новое мнение воспрещалось. Следующий отрывок из Ratio Studiorum иезуита Аквавивы дает некоторое представление о духе преподавания того времени².

«Преподавателю не разрешается вводить никаких новых мнений, ни возбуждать дискуссий; ни цитировать или разрешать цитировать другие мнения авторов, репутация которых неизвестна; ни преподавать или самому учиться ничему, несогласному с господствующими мнениями, выражающими признанные доктрины, принятые в школах. Устарелые и ложные мнения не должны упоминаться вовсе, даже с целью опровержения их; также не могут быть терпимы ни в какой степени никакие возражения против практикующегося преподавания... В философии нужно всегда следовать Аристотелю, а вообще Фоме Аквинскому...»

В течение долгого времени в положении университетов не

¹ Как «механические и дело купцов, торговцев, моряков, плотников и т. п., пожалуй, некоторых лондонских издателей альманахов», Hearn's Langtoft, введение, стр. СХVII. Прим. авт.

² Ornstein, стр. 215.

присходит никаких перемен. В статутах Оксфорда¹ не было сделано никаких изменений с 1570 по 1859 г., в организации Лейпцигского университета не было существенных изменений с 1558 по 1830 г. и в правилах Теологического факультета в Болонье не было никаких изменений с 1360 по 1783 г. Поистине история университетов XVIII в. побил рекорд консерватизма. В Германии, например, в то время как, с одной стороны, в 1733 г. был основан Геттингенский университет, явившийся



Рис. 77. Университетская библиотека в Лейдене Гравюра 1690

надежным пристанищем науки, с другой стороны в 1740 г. университет в Инсбруке отказался от открытия кафедры по ботанике и химии, и изучение этой последней происходило в аптекарских лавках. А в Эрлангене профессор химии (с 1754 по 1769 г.) должен был производить все лабораторные занятия у себя на дому и со своими собственными приборами.

Университеты, — пишет Монре², — отзывались на новые образовательные идеи гораздо медленнее, чем средняя школа. Классически-теологический схоластицизм в течение всего XVII в. руководил германскими университетами; но основание в 1694 г. университета в Галле было главным образом протестом против узости старых университетов. Галле считается первым из осв-

¹ Jdem, стр. 300

² P. Monroe. Text Book in the history of education, New-York, London, 1909 г., стр. 501—502.

ременных университетов, так как здесь впервые преподавались «реальные предметы новым методом и на современном языке». Франкль и Томазиус, изгнанные за свои слишком либеральные идеи из Лейпцига, превратили Галле в центр нового влияния. Обычай говорить по-немецки в университетской аудитории, введенный Томазиусом (издававшим также первый немецкий журнал), скоро получил широкое распространение, так же как и преподавание в университете естественных наук и более свободомыслящей философии.

В 1737 г. Геттингенский университет стал вторым центром этого же влияния. К концу века завоевание новым духом всех университетов, во всяком случае в протестантской Германии, было закончено.

Английские университеты откликнулись на это новое влияние гораздо медленнее и менее глубоко. Кембридж получил во время профессорства Ньютона (1669—1702 гг.) и пребывания в нем в качестве главы колледжа Ричарда Бэнтли (1740—1742 гг.) сильный математический уклон, который он сохранил до сих пор; в нем стали культивироваться физико-математические науки. В течение XVIII в. был основан Георгом ряд кафедр по истории и естественным наукам. Но такое обновление университета в новом духе, какое мы видели в Германии, не имело места до конца XIX в.

Картину университетской жизни и борьбы схоластики с гуманизмом во Франции дает Герье¹.

Подобно другим средневековым учреждениям Франции, например парламенту, университеты выросли под опекой королевской власти и испытали на себе ее централизующее начало. Во Франции было несколько парламентов; но Парижский был собственно парламентом, т. е. высшим судебным и правительственным учреждением всего государства; точно так же и Парижский университет был высшим научным учреждением для всего королевства, и история его совпадает с историей французского просвещения. Остальные университеты были не более как провинциальные отделения его. Французские университеты представляют еще другое сходство с парламентами. Последние получали такую крепкую организацию, были ограждены такими вековыми привилегиями и поддерживаемы такими обширными сословными интересами, что сделались почти недоступны влиянию времени и новых порядков. Университет отстал еще более от общего движения.

¹ В. И. Герье, «Лейбниц и его век», СПб. 1868, стр. 160.

В начале XVI в. Парижский университет сделался оплотом схоластики против гуманизма. Король Франциск I, покровительствовавший гуманизму, должен был создать для поддержки его особое учреждение, независимое от университета. То было знаменитое Collège de France, существующее до сих пор; двенадцать профессоров, из которых первоначально состояла

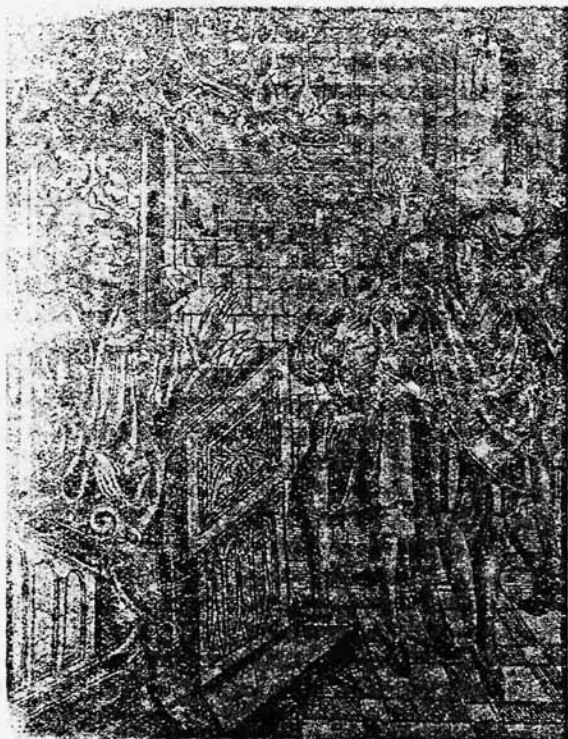


Рис. 78, Преподаватель и студенты в характерных одеждах Гравюра 5497

эта коллегия, назначались самим королем, не принадлежали к университету, и лекции их были публичные и бесплатны. Здесь нашел убежище от гонения оскорбленных схоластиков неустранимый поборник гуманизма, истинной философии и здравых педагогических начал против схоластического пустословия — Рамос, который всю жизнь должен был бороться со своими университетскими врагами и погиб от их мести во время Варфоломеевой ночи. Такое же упорство университет выказал потом в борьбе с иезуитами, которые хотели подчинить себе народное образование и проникнуть в университет. Несмотря на поддер-

жку правительства, иезуитам удалось только после долгих стараний добыть себе право открыть школы и публичные курсы. Борьба этим не кончилась, ибо университет не допускал к магистерскому экзамену молодых людей, слушавших курсы иезуитов, и только при Людовике XIV иезуиты окончательно восторжествовали над сопротивлением университета.

В борьбе с иезуитами университет имел в виду только свою монополию, а не какое-либо существенное различие в направлении и методе преподавания. Там же, где дело шло о последнем, вражда должна была быть еще ожесточеннее, и такую-то вражду университет питал к картезианизму.

Гуманизм был ненавистен университету, потому что он настаивал на классическом образовании, основывал воспитание на изучении лучших писателей греческой и латинской литературы; картезианизм же — потому, что он ставил на первый план математику и физику, отвергал весь схоластический хлам, поддерживаемый авторитетом великого Аристотеля, и требовал, вместо диалектических ухищрений, физических опытов и анатомических препаратов. Такая новизна испугала, тех, которые с самодовольством жили в мире *субстанциальных форм* и ради своей причудливой метафизики столько же искажали латинский язык, сколько извращали простой смысл человека. Из-за новизны эти философы не хотели распознать истины.

Всем кандидатам на философские степени было вменено в обязанность добыть свои первые лавры в борьбе с картезианизмом и выступить против нового учения с заржавленным оружием схоластической диалектики. Но вовсе учение скоро начало проникать в ряды своих противников, а это еще более ожесточило университет.

Когда в 1671 г. парижский архиепископ передал университету приказание короля¹, чтобы из университетского преподавания было исключено всякое новое учение, отступающее от принятого, и чтобы на диспутах не обсуждалось ни одно положение, заимствованное отсюда, то все факультеты, и во главе их богословский, поспешили заявить свою покорность и свое рвение в преследовании новизны. Медицинский факультет не отставал от богословского, и на запрос Реймского медицин-

¹ Обращение парижского архиепископа в 1671 г.: «До слуха короля дошло, что взгляды, осуждаемые теологическим факультетом и запрещенные парламентом, проникают не только в университет, но и повсюду. Он желает приостановить распространение мнений, которые могут внести путаницу в объяснение таинств церкви. На обязанности профессоров лежит смотреть за тем, чтобы не обучали ни одной доктрине и она не проникла в тезисы, за исключением тех, которые приняты правилами и статутами университета». Цитируется по М. Ornstein, стр. 258. Прим. ред.

ского факультета, можно ли подвергать обсуждению одно медицинское положение, на котором отразилось влияние картезианизма, ответил, что этого не следует допускать и что нужно почтительно сообразоваться с королевским указом. Но противники картезианизма не довольствовались этими административными мерами: им хотелось выхлопотать у парламента формальное запрещение распространять учение Декарта в пределах королевства под страхом строгих наказаний. Университет уже готовил прошение в этом смысле, и первый президент парламента Ламуаньон говорил своим знакомым, что ему нельзя будет не исполнить желания университета. Но к чести парламента такое постановление не состоялось. Между его членами было несколько горячих приверженцев Декарта. Наконец все это дело произвело большую тревогу в обществе. Арно представил парламенту записку, в которой он с большим достоин-

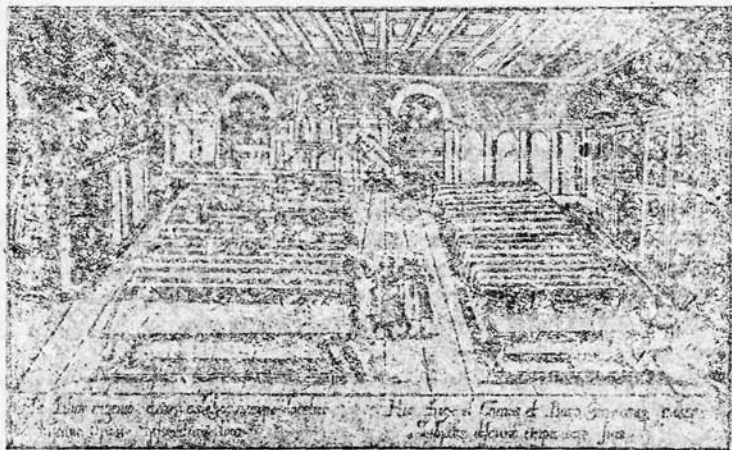


Рис. 79. Диспут в collegium illustre в дуббингене. Гравюры 4589

ством доказывал невозможность запретить декартово учение и вредные последствия такой меры. История, говорил он, убеждает в том, что никакой закон не может заставить людей предпочесть одну философию другой, и всякая попытка такого рода может только подорвать авторитет законодательной власти. Напрасно упрекают картезианизм в том, что его нельзя привести в согласие с догматами церкви. То же самое можно сказать о всякой другой философии. Это происходит от того, что всякое учение, основанное исключительно на выводах разума, недостаточно и не может удовлетворить потребностям веры. Если

же сохранить неприкосновенным принцип независимости веры от выводов разума, то с верой можно согласить всякую философскую систему, действительно основанную на законах разума.

Сильнее, может быть, чем эти доказательства философа, подействовали на общественное мнение и парламент сатира, написанная Буало вместе с Расином и Бернье. В этой сатире, которую Буало представил своему другу Ламуаньсиу, поэты наперед осмеяли постановление парламента против картезианизма в пользу университетской схоластики¹.

Ввиду такого сильного движения в обществе Парижский университет не решился представить своей просьбы (запрещение преподавания картезианизма), и постановление парламента не состоялось. Но пример главного университета подействовал на провинциальные. Больше всех отличился Анжерский университет в преследовании новой философии. Картезианизм сделал там особенные успехи, благодаря деятельности нескольких профессоров, принадлежащих к ордену Ораторианцев и потому менее зависевших от ученой коллегии. Андре Мартен был одним из первых проповедников картезианизма, хотя он еще считал нужным прикрывать себя псевдонимом. Смелее его действовал его преемник по кафедре Бернард Лами. Кокери, ректор (principal) коллегии, учрежденной при университете орденом Ораторианцев, также принадлежал к приверженцам Декарта. В 1675 г. Анжерский университет получил королевское послание, в котором ему предписывалось никоим образом не допускать распространения на лекциях нового учения по примеру Парижского университета. По получении этого послания весь университет решил принять его к сведению и положить в архив, собрать всех ректоров коллегий, профессоров философии и аббатов монастырей, чтобы обязать их подпиской сообразоваться с постановлением университета, наконец впредь подвергать все тезисы и рукописные учебники философии цензуре особой комиссии, назначенной университетом. Один только Кокери протестовал и апеллировал в Парижский парламент. Там в последние три года картезианизм, вероятно, сделал большие успехи, ибо парламент кассировал постановление Анжерского университета и призывал его к своему суду за превышение власти. Но этим решением парламент сам стал в оппозицию против правительства, а то было время полного развития абсолютизма. Незадолго перед этим молодой Людовик явился на заседание парламента в охотничьем костюме и с палаткой в руке. Поэтому вслед за приговором парламента вышел королевский

¹ Ниже (стр...) приводим сатиру Буало в русском переводе Н. А. Любимова, *Примь ред.*

указ, кассировавший этот приговор и подтвердивший запрещение, наложенное Анжерским университетом на картезианизм и на приверженцев его в ордене Оратории.

Оппозиция университетов против картезианизма получила особенно ожесточенный характер вследствие того, что в них преобладал богословский факультет, а большинство богословов считало картезианизм несовместимым с христианской религией, потому что он опровергал объяснение, придуманное схоластической метафизикой для учения о преосуществлении. Подобно тому как гуманизм, отверженный университетами, должен был искать себе другого органа и вызвал французскую коллегию, и картезианизм нашел убежище помимо университета и послужил поводом к возникновению новых научных учреждений. Он нашел это убежище в *ученых обществах*, новом явлении, характеризующем ту эпоху. Такие общества составлялись повсеместно; в одном Париже их было около двенадцати; сначала они не имели определенной организации, но некоторые из них вскоре получили более постоянный характер. Наконец само правительство обратило на них свое внимание, и под его покровительством из них образовалась в 1666 г. Академия наук, которая принесла такие плодотворные результаты.

С подобным же явлением мы встречаемся в Англии. И там потребность найти помимо устаревших университетов новые органы для успешного развития математических и естественных наук привела к организации ученых обществ и наконец к учреждению Лондонского Королевского Общества, которое скоро прославилось именем Ньютона. Во Франции уже при жизни Декарта существовали общества и собрания ученых, которые разрабатывали его философию и старались подтвердить ее результаты физическими опытами и анатомическими исследованиями. Парижские ученые собирались то у отца Мерсенна во францисканском монастыре (aux Minimes), то у аббата Пико, у которого останавливался Декарт, когда приезжал в Париж, то у Абера де-Монмора (Habert de Montmort), члена парламента. Последний был до такой степени предан новому учению, что с большой астойчивостью упрощивал Декарта принять от него в подарок дачу, дававшую от 3000 до 4000 ливров дохода. Члены общества, собиравшиеся у Монмора, сходились регулярно каждую неделю для того, чтобы заниматься разъяснением философии Декарта. Но последователи Декарта не довольствовались учеными обществами, которые были доступны немногим; они распространяли новую философию с помощью публичных лекций и прений, на которые собирались люди всех сословий. Известный физик Рогё (Rohault), один из самых ученых и даровитых последователей

Декарта, устраивал каждую среду в своем доме публичное заседание, на которое сходились епископы и аббаты, придворные доктора, философы, математики, учителя, студенты, провинциалы, иностранцы, ремесленники,— одним словом, люди всех возрастов, полов и званий. В этом обществе «дамы занимали первое место». Рого излагал на этих собраниях физику, начиная с теории и подтверждая ее самыми точными опытами, причем он каждому позволял прерывать себя вопросами и возражениями. Из этой школы вышел Режис, который потом читал такие же публичные лекции в Тулузе и Монпелье. По возвращении своем в Париж и по смерти Рого он возобновил его публичные лекции в 1680 г. с таким успехом, что повредил своему делу. Архиепископ парижский, встревоженный шумом, который наделали эти курсы, велел закрыть их по прошествии шести месяцев. Интерес, который они возбуждали, был так велик, говорит Фонтенель в своем похвальном слове Режису, что нужно было приходить задолго до начала, чтобы найти себе место.



5. Буало

ШУТОЧНЫЙ ПРИГОВОР¹

(сатира)

Шуточный приговор, данный высшим судом Парнаса по жалобе магистров, медиков и профессоров Стагирского университета в стране Химер, о сохранении учения Аристотеля.

Суд рассмотрел прошение, поданное учителями (régeus), магистрами, докторами и профессорами как от их имени, так и в качестве опекунов, и защитников доктрины учителя (имя неизвестно) Аристотеля, бывшего профессора греческого языка в коллегии лицея и наставника покойного короля, беспокойной памяти Александра, именуемого великим, завоевателя Азии, Европы, Африки и других мест. В прошении значится, что в последние несколько лет некоторая известная особа, именуемая Разумом, предприняла проникнуть силой в школы упомянутого университета и на сей конец, с помощью неких возмутителей, принявших имена гассендистов, картезианцев, малебраншистов и пуршотистов, бездомных бродяг, затеяла изгнать упомянутого Аристотеля, дешевого мирного обладателя сказанных школ, против коего особа сия и ее сообщники уже опубликовали много книг, трактатов, диссертаций и позорящих рассуждений, желая

¹ *Boileau Dépreaux*, Artt Burelesque. Перевод с французского, проф. Н. А. Любимова. Цитируется из книги: Н. А. Любимова, «История физики», ч. III, отд. I, Прим. к стр. 508; стр. 508—511.

средств, неизвестных помянутому Аристотелю и его предшественнику Гиппократу, и без предварительных кровопускания, клистиров и очистительных, — что не только неправильно, но и есть крайнее злоупотребление, и бо помянутый Разум никогда не был принят и допущен в корпорацию помянутого факультета и, следовательно, не может совещаться с докторами сего последнего и ими быть на совещание призываем, чего действительно никогда и не было. Несмотря на сие и вопреки многократным жалобам и сопротивлению господ Блонделя, Куртуа, Денийо (Dspuau) и других защитников правого учения, помянутый Разум продолжал пользоваться сказанными средствами и имел дерзость употреблять их даже над врачами упомянутого факультета, из коих многие даже были, к великому скандалу, им вылечены, что есть пример, очень опасный и не могло совершиться иначе, как худыми путями, чародейством и договором с дьяволом. Не довольствуясь сим, помянутый Разум предпринял поносить и изгнать из курсов философии формальности, материальности, сущности тожества, возможности, esseitates, petreitates, policarpeitates, и другие воображаемые существа, детей и порождение покойного учителя Иоанна Скота, их родителя: а сие, буде суд не окажет помощи, долженствует принести знатный ущерб и причинить полное разрушение схоластической философии, коей они составляют всю тайну и всю сущность.

Суд рассмотрел книги, озаглавленные: Физика — Рого, Логика — Пор-Рояля, Трактат о хине, а также *Adverses Aristoteleos* — Гассенди и другие, приложенные к прошению, подписанному Шикано¹, прокурором помянутого университета.

По выслушании докладчика и приняв все в соображение, суд, согласно прошению, удержал и оградил, удерживает и ограждает за помянутым Аристотелем полное и мирное владение и пользование помянутыми школами. Приказывает, чтобы сей Аристотель был всегда принимаем в руководство, преподаваем учителями, докторами, магистрами и профессорами помянутого университета, не обязывает, впрочем, для сего читать Аристотеля, знать его язык и мнения, а относительно основ его учения отсылает к их тетрадам. Предписывает сердцу попрежнему быть началом нервов и приказывает всем людям, какого бы звания или должности они ни были, сему верить, несмотря ни на какой противоречащий тому опыт. Приказывает питательному соку прямо отправляться в печень, не проходя через сердце, а печени принимать его. Запрещает крови бродяжничать, блуждать и обращаться в теле, под угрозой быть вполне отданною и предоставленною медицинскому факультету. Вос-

¹ Chicane — по французски обозначает «ябеда», «крючкотворство».

прецедента и испещрять лихорадки трюичные, вдвойне трюичные, четверичные, трижды четверичные и непрерывные дурными средствами и путем чародейства, как-то: чистым вином, порошком и корой хины и другими средствами, не испытанными и неизвестными древним. А в случае неправильного исцеления помощью сих средств дозволить медикам помянутого факультета воззратить, по обычному и хметоду, больным лихорадку с помощью александрийского листа, сиропов, прохладительных и других годных для сего средств и привести помянутых больных в то состояние, в каком они были прежде, дабы потом вылечить их по правилам, а буде не вылечаться, отправить на тот свет, по крайней мере, достаточно прослабленными и очищенными. Возвращает добрую славу и честное имя сущностям, тождествам, возможностям, esseitatibus и другим схоластическим формулам. Признает право господ Блонделя, Куртуа и Денийо в их противодействии здравому смыслу. Возвращает огонь на его место в высшей сфере неба, согласно и сообразно осмотру, сделанному на месте. Предписывает всем учителям, магистрам и профессорам преподавать, как они привыкли, и пользоваться соображениями, какие сочтут приличными, а репетиторам и другим помощникам оказывать им всякое содействие. Нарушителей приказывает преследовать под угрозой быть лишенными права диспутировать о пролегоменах логики. А дабы в будущем не последовало нарушений, Разум изгоняется навсегда из школ помянутого университета; ему воспрещается входить туда, мутить там и беспокоить помянутого Аристотеля в его обладании и пользовании, под угрозой быть объявленным янсенистом или другом новшестве. На сей конец настоящий приговор будет прочтен и объявлен в университете на первом собрании при вступлении ректора и вывешен на дверях всех коллегий Парнаса и где окажется нужным. Дан в тридцать осьмой день августа одиннадцатый тысяч шестьсот семьдесят пятого года.



ВОЗРАЖЕНИЕ СХОЛАСТОВ ПРОТИВ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ ГАЛИЛЕЯ

Примером схоластика-ученого может служить Антонио Рокко, один из яростных противников Галилея, отрывок из «Философских рассуждений» которого приводим в переводе с итальянского по изданию сочинения Галилея¹.

¹ Le Opere, Ed. Nazionale Firenze, T. VII, стр. 629—630.

Философские рассуждения дона Антонио Рокко, философа-перипатетика, и т. д. Венеция 1663 г. Esercitazioni filosofiche di eignor Antonio Rocca filosofo peripatetico ect

§ 11. ...Когда вы говорили, что видно, как многие из таких пятен образуются посреди солнца и т. д., я вам ответил, что это галлюцинация, и вот почему: уже само расстояние не позволяет различать местоположения, а направление и движение вводят нас в заблуждение и т. д. Возможно также, что они действительно существуют и что солнце своей силой их постоянно притягивает, до последней вогнутой поверхности лунного шара, и их еще растворяет, как если бы они были растворимы; но ошибка может относиться к знанию местоположений, и возможно, что из-за однородного притяжения не может образоваться параллакс. Это я утверждаю только как вероятное, без всякой дерзости или упорства, и признаюсь, что играю с вами в слепого; у меня глаза должны быть повязаны, а вы говорите, что вы видите, и я должен отгадать, что это такое, что вы видите. Но я не виновен в небрежности: я употребил все усилия, чтобы достигнуть практического звания, чтобы использовать такие же зрительные инструменты, и с этой целью я вел в течение некоторого времени неоднократные споры, но мирные и серьезные, с лицом, выдающимся до своим знаниям и со взглядами, вроде ваших; однако разумные опыты, которые он обещал, никогда не были произведены, и он, будучи может быть, менее уверен в своих позициях, чем я в моих, отправился искать точную истину на небо.



Рис. 81

§ 12. Второму наблюдению я также противопоставляю неточность перспективы на огромном расстоянии, о которой я уже говорил; я признаю, что вы видите вышеупомянутые пятна, но я не считаю, что они находятся на небе. И даже, если бы вы и видели бы иллюзий, я предпочитал бы разумное познание всякому другому и рас-

смастривал бы вашу речь не как продукт рассудительного ума, а как химеры путанного и недисциплинированного воображения.

§ 13. Относительно же того, что небо, благодаря телескопу, стало в тридцать или сорок раз ближе от вас, чем оно было от Аристотеля, я уже сказал, что хотя случайно во время Аристотеля не было такого инструмента, но могли быть равноценные ему или даже лучшие. Но предположим, вместе с вами, что таковых не было; я вас спрашиваю: на каком определенном расстоянии хотите вы представить себе это небо, которое для познания приблизилось к вам в тридцать или сорок раз против того расстояния, на котором знал его Аристотель? Я хочу сказать, что если Аристотелю оно казалось на расстоянии, например, сорока тысяч миль, то вам оно кажется на расстоянии всего тысячи или даже пятисот и менее миль. Так скажите же мне, какое вы можете иметь на расстоянии ста миль точное и отчетливое зрительное познание о вещах, которые там находятся? Скажите это откровенно. Я, со своей стороны, так же как и люди с острейшим зрением, едва различаю высокие горы. И если, действительно, согласно вашим утверждениям, небеса, а особенно солнце, находятся, даже при применении телескопа, на расстоянии тысяч миль, то какое суждение можете, вы о них дать? Если вы докажете с полной очевидностью то, что вы хотите оделать, то в этой части рушится перипатетическое учение, и вы переделаете даже мышление людей, гениальная форма которого есть очевидность истины, так что они не станут заострять свое перо против вас и покрывать ваши писания презрением, но скорее, убедившись в непобедимой силе истины, воздвигнут вам алтари славы в своих сердцах, языки их будут трубить о ваших заслугах и подобно новому Атласу вы будете считаться единственной опорой погибающей небесной философии.



БОРЬБА С ФЕОДАЛЬНЫМИ УНИВЕРСИТЕТАМИ

Ратке, Бэкон, Комениус¹ и другие поборники передовых идей XVII в. вели свою работу вне университета, мало сочувствующего новым идеям. Ни философы Декарт, Гоббс, Локк или Лейбниц, ни ученые Гарвей и Бойль, ни Бэкон, представитель как науки, так и философии, не были близки к университетам. Таким образом оказалось, что новые идеи реализовались в средних школах и других организациях. В 1619 г. была организована в Ростове первая академия естественных наук. При Фридрихе Ве-

¹ Р. Monroe, стр. 497.

Англией (1740—1786 гг.) Берлинская академия стала мощным представителем новой идеи.

По окончании 30-летней войны (1648 г.) снова стали играть роль академии для благородных (Ritterakademien), рыцарские академии, ставшие теперь как представители новой идеи рационалистическими и практическими в отличие от схоластично-формалистических университетов и гимназий.



Рис. 82. Ичитель письма и арифметики 17 в, Гравюра 1644 г.

В Англии борьбу со схоластикой, борьбу со старыми университетами ведет Гоббс¹.

Известно, что Кромвель хотел основать новый университет на севере Англии. Гоббс же считал, что преобразовать и освободить (от схоластики) старые, университеты будет если не легче, то во всяком случае более выполнимо. Через своего друга, ученого врача Генри Штуббе, Гоббс принимал участие в оксфордских волнениях 1659 г. Один из спорщиков, Вильям Делл, пользовался взятыми из «Левиафана» аргументами и характерными выражениями. А когда Academicorum Examen Вебстера вызвал ответную апологию астронома Сет Уорда — Vindiciae Academicarum (1654), последний не преминул в специальном «Приложении» завязать спор с Деллем и Гоббсом,

¹ Ferdinand Tönnies, Thomas Hobbes, Leben und Lehre, Stuttgart, 1925 г., стр. 51 — 54.

(последнего он, очевидно, считал его главной опорой). В то же время Гоббс был втянут в ряд других споров.

В 1655 г. в Лондоне вышла наконец первая часть его философской системы *De Corpore*, содержащая логику, метафизику и натуральную философию. В посвящении (Девонширу) и в ряде параграфов текста автор вновь объявляет войну теологии. Он сравнивает ее с Эмпузой Аристофана — страшилищем, которое бродит на бронзовых и ослиных ногах, подобно ей и теология имеет одну прочную ногу — священное писание, и одну гнилую — метафизическую философию.

«Левиафан сделал всех священников моими врагами, — пишет Гоббс, — оба лагеря телогов ненавидят меня... сначала они писали пасквили на «Левиафана» и были лишь причиной того, что его стали больше читать. Это придало ему лишь больше силы и он будет, я надеюсь, вечно значим и не будет нуждаться ни в чьей защите».

На отношения Гоббса с рядом друзей оказал очень дурное влияние начавшийся в это время и закончившийся со смертью Гоббса спор с оксфордским профессором Джоном Валлисом о принципиальных вопросах математики (как математик последний сказался прав). Этот спор был непосредственно связан со спором об университетах. Валлис и Уорд заключили союз. Валлис принадлежал к партии пресвитерианцев. Он атаковал своего опасного противника с самой слабой его стороны — в области геометрии. Уорд отважился атаковать основы его философии. Обе книги вышли в начале 1656 г. В том же году Гоббс выпустил английский перевод «*De Corpore*», в котором были переработаны некоторые математические главы и присоединены в виде приложения «Шесть лекций профессорам математики и т. д.», в котором он, горячо защищаясь против нападков на него, переходит к нападкам на применение алгебры к геометрии — область, в которой особенно отличался Валлис. В отношении к этому времени письмо Гоббс говорит, что он затеял спор с Валлисом лишь потому, что последний является выразителем идей объединенного духовенства всей страны, и потому же, обращаясь к Уорду, он обращается не столько к своему критику, сколько к *Vindex*'у (защитнику) университетов. Это заявление тем интереснее, что полемика происходила в период расцвета могущества Кромвеля.

Гоббса обвиняют в том, что он рекомендовал к преподаванию в университете свое изложенное в «Левиафане» учение и называл существующие университеты «лавками и мастерскими духовенства». Он не хотел задеть этим университет как корпорацию, а только отдельных людей, которые хотели сохранить в них независимый от государова авторитет церкви. «Какой

бы вы подняли крик, — писал он, и — если бы вместо того, чтобы рекомендовать преподавание в университетах моего «Левифана», я предложил бы организовать новый, светский университет, где одни лишь миряне преподавали бы физику, математику, моральную философию и политику, так же как раньше одно только духовенство преподавало богословие. И все-таки это было бы полезно и без особых расходов принесло бы много пользы делу улучшения образования. Необходимо лишь одно здание и основание нескольких кафедр. А для того чтобы студенты учились как можно лучше, было бы хорошо, чтобы никто не приходил в университет, посланный родителями, так же как для изучения ремесла, чтобы потом зарабатывать благодаря этим знаниям овой хлеб, но чтобы университет был местом, где бы работали богато одаренные люди, которые, самостоятельно распоряжаясь своим временем, любили бы истину ради нее самой».

Здесь мы явнее всего видим, насколько планы Кромвеля совпадали с мыслями Гоббса.

Далее Гоббс ссылается на то, что геометрия наверное меньше обязана университетам, чем Грæшем-Колледжу¹ или частным людям в Лондоне, Париже и других городах, которые никогда не проходили или не преподавали ее в каких-либо университетах.

Появляется необходимость в новых технических школах. Декарт ставил проект такой школы².

Д'Алибер, государственный казначей Франции, был одним из близких друзей Декарта; он считал Декарта человеком наиболее подходящим, чтобы сделать полезным для общества часть тех огромных богатств, которые провидение ему вверило. Он множество раз пытался его соблазнить тем же способом, каким Александр когда-то соблазнил другого философа. Декарт всегда защищался с той же силой, но, правда, с меньшим блеском, чем Диоген. Но чтобы согласиться хоть частично с теми благородными побуждениями, которые имел д'Алибер, принести в жертву часть своих собственных богатств на пользу человечества, он убедил его учредить в Париже заведения для усовершенствования искусств.

Он посоветовал построить при Королевском колледже и при других общественных учреждениях, которые предназначались бы для публики, большие залы для ремесленников, каждую залу

¹ О Грæшем Колледже см. ниже. *Прим. ред.*

² Декарт. «Проект школы искусства и ремесла», 1648 г.

Перевод с французского сделан по изданию: *Descartes. «Oeuvres Publiées par Ch. Adam et P. Tannery, т. XI, стр. 659—670.*

предназначив отдельному ремеслу. К каждой зале должен был быть присоединен кабинет, где находились бы механические инструменты, необходимые или полезные для того искусства, которое бы там преподавалось. Должны были быть учреждены денежные фонды, достаточные не только для расходов, требующихся для опытов, но и для оплаты учителей или профессоров, число которых равнялось бы числу искусств, которые бы там преподавались. Эти профессора должны были хорошо знать анатомию и физику, чтобы суметь отвечать на все вопросы ремесленников и давать им истинное освещение всякой вещи и то ясное понимание, которое позволило бы им делать новые открытия в искусстве. Свои публичные лекции они должны читать лишь по праздникам и по воскресеньям после заутрени, чтобы дать возможность всем людям ремесла посещать их, не нанеся ущерба своей работе. Декарт, который предложил этот исход, предполагал, что на это согласится двор, а г-н архиепископ усмотрел в этом хороший способ отвлечь их от пьянства и распутства, которые для них так обычны в праздничные дни. Решение осуществить эти большие планы было принято д'Алибером при последней поездке Декарта в Париж, но исполнение было отложено до его возвращения из Швеции, откуда он надеялся приехать и поселиться в Париж, как только город будет умиротворен. Однако смерть Декарта разрушила вот эти прекрасные проекты. Д'Алибер все время отвлекали всякие другие дела, до тех пор пока другие друзья г-на Декарта не напомнили ему об этих благородных намерениях и не зародили в нем мысль сделать что-нибудь хорошее, чтобы увековечить память знаменитого покойника.



Чрезвычайно живую картину того интереса к науке, который наблюдался в Англии в XVII веке, дает Маколей¹.

1660 г., эра восстановления древней конституции, есть также и эра, с которой начинается торжество новой философии. В этом году возникло Королевское общество, которому суждено было явиться главным деятелем в длинном ряде достославных и благотворных преобразований. В несколько месяцев опытные науки сделались всеобщей модой. Переливание крови, взвешивание воздуха, сгущение ртути заняли в общественном мнении ту роль,

¹ Маколей, «История Англии», ч. I, СПб., 2-е изд. Вольфа, 1866 г. т. 6. стр. 339 — 341.

² Рота — один из Лондонских клубов, существовавших до реставрации.
Прим. ред.

которая перед тем занята была прениями Роты². Грезы о совершенных формах правления уступили место грезам о крыльях, посредством которых люди летали бы близ Тоуэра в Вестминстерское аббатство, и о двукилевых судах, которые никогда не тонули бы в самую жестокую бурю. Все классы были увлечены господствовавшим настроением. Кавалер и круглоголовый, епископал и пуританский соединились на время друг с другом. Богословы, юристы, государственные люди, аристократы, принцы — увеличивали торжество баэкиновой философии. Поэты наперерыв друг перед другом воспевали наступление золотого века. Коули в стихах, исполненных мысли и блестящих остроумием, побуждал избранное племя овладеть обетованной землей, текущей молоком и медом, той землей, которую великий еврейский освободитель и законодатель видел с вершины Писги, но в которую ему не суждено было вступить. Драйден более с усердием, чем со знанием дела, присоединял свой голос к общим восклицаниям и предсказывал вещи, которых ни сам он, ни другие не понимали. Королевское общество, предвещал он, скоро поведет нас на край земного шара, откуда луна представится нам как на ладони. Во главе движения стояли, между прочим, два даровитых и высокостепенных прелата: Усрд, епископ селисберийский, и Вилькинз, епископ честерский. История его (Королевского общества. *Ред.*) была красноречиво написана молодым богословом, достигшим потом высокого отличия в своем звании, Томасом Спратом, впоследствии епископом рочестерским. И главный судья Гель и лорд хранитель печати Гильдфорд урывали по несколько часов от служебных занятий, чтобы писать о гидростатике. Действительно, первые барометры, выставленные на продажу в Лондоне, изготовлены были под непосредственным руководством Гильдфорда. Химия вместе с вином и любовью, с театром и карточным столом, с интригами царедворца и интригами демагога занимала некоторое время внимание непостоянного Буккингама. Принц Руперт пользуется славой изобретателя *mezzo tinto*, от него же получили свое название те любопытные стеклянные пузырьки, которые долгое время забавляли детей и ставили в тупик естествоиспытателей. Сам Карл имел лабораторию в Вайтголле и был там гораздо деятельнее и внимательнее, нежели в государственном совете. Для репутации изящного джентельмена почти необходимо было уметь что-нибудь сказать о воздушных насосах и телескопах; даже светские дамы по временам считали нужным притворяться любительницами науки, отправлялись в каретах дугом осматривать прэшемские редкости и разражались криками восторга, когда находили, что магнит действительно притягивал иголку, а микроскоп действительно представлял муху величиной с воробья.

Следует подчеркнуть¹, что экспериментальная наука уже по существу своему должна была найти отклик в гораздо более широких кругах, чем та группа лиц, которую называют «интеллектуальной» (intellectual class) XVII в. Схоластика и гуманизм по существу своего учения создали как бы отдельную касту ученых и сделали из царства духовной деятельности олигархию или аристократию; экспериментальная же наука с самого начала своего развития стояла за популяризацию и, следовательно, демократизацию знаний. В то время как раньше предметы и способы наблюдения специально отдалялись от повседневности и человеческих дел и ограничивались областями мышления, недоступными большинству, теперь предметы и способы изысканий вплотную подошли к домашней жизни каждого. Кроме того характер фактов экспериментальной науки мог быть понят не только отдельными высокообразованными людьми, но и значительным количеством лиц с небольшим сравнительно образованием и с ясной головой.

В то время как прежде всякая интеллектуальная деятельность была неразрывно связана со знанием латыни и греческого — неодолимое препятствие для тех, кто не изучил эти языки с детства, — теперь, для того чтобы принять участие в научных занятиях, достаточно было знать родной язык, находившийся в распоряжении каждого. Раньше требовались годы подготовки, прежде чем можно было начать надеяться даже не на то, чтобы добавить к науке что-либо свое, но на то, чтобы хотя бы только понять мысли своих предшественников. Теперь одно обладание «надежной рукой и верным глазом» (Гук) уже многим позволяло принять участие в открытиях и в научной работе. Таким образом экспериментальная наука вступила в соревнование со схоластической и находила отклик не только в ученом члене университета, нераздельно связанном с догматами и гордом своим местом в рядах ученой олигархии, но и во «внецеховом» непрофессиональном любителе, прежде лишенном привилегии умственной деятельности. И действительно, временами отклик на этот призыв науки доходил до страстности. Спрэт говорит: «Любовь к этой науке так сильна в век, в который мы живем, что кажется ничто, кроме нее, не в моде в Европе». Эта любовь к науке среди не членов университета создала тип преданных науке любителей, столь характерный для второй половины XVII в.

Любителей в науке — «любителей» в настоящем смысле этого слова, т. е. таких, которые занимаются своим искусством не как средством к существованию, но из любви к нему, — можно

¹ Ornstein, стр. 68—71.

было встретить во второй половине XVII в. во многих местах и среди различнейших классов, главным образом, конечно, в кругах, которые были достаточно обеспечены, чтобы не нуждаться в непосредственном добывании средств к жизни и имели поэтому больше досуга, чтобы следовать своим склонностям. Так как подобные условия существовали, с одной стороны, в больших коммерческих центрах Англии и Голландии, а с другой — в домах дворян и привилегированных классов, то интерес к науке был больше всего заметен именно в этих местах.

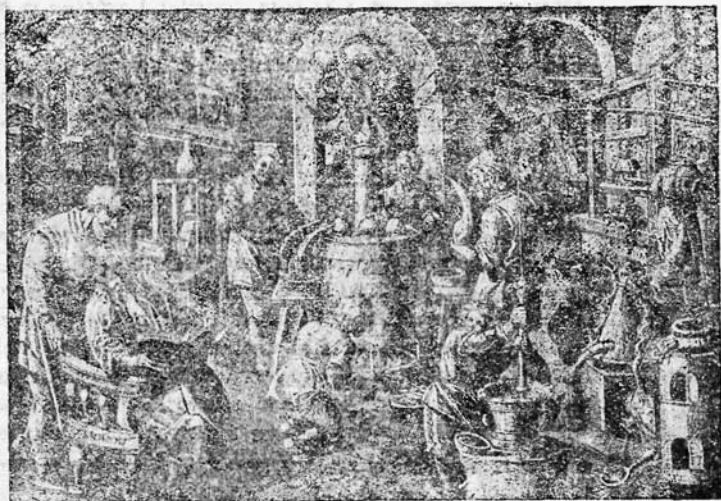


Рис. 83. Лаборатория алхимика, Гравюра 1570

Детальный разбор деятельности ученых-любителей того времени, как бы он ни был интересен, в данном случае по существу вопроса невозможен. Мы рассмотрим здесь лишь несколько отдельных случаев, с тем чтобы показать, как широко распространился этот интерес к науке, а также познакомить с отдельными типами людей, ставших поборниками нового учения.

В Италии Фердинанд и Леопольд Медичи иногда проводили время в экспериментировании, имели собственную лабораторию и ряд приборов, проделывали новые опыты и имели своего специального стеклодува. Большим любителем науки был князь Фредерико Чези, деятельность которого падает на начало века. Граф Марсимио в Болонье был страстным экспериментатором, собирал вокруг себя людей с такими же интересами, и наконец завещал свой дом университету под лабораторию.

Во Франции у герцога орлеанского — брата Людовика XIV —

была хорошо оборудованная химическая лаборатория, и он любил алхимию, как говорит Сен-Симон, «не для того чтобы находить золото, но чтобы развлекаться, делая интересные опыты». У него была линза большой мощности, в фокусе которой расплавлялось и улетучивалось металлическое золото; у него были свои химики, с которыми он работал. Он был кроме того большим любителем ботаники и пригласил выдающегося английского ботаника Моррисона смотреть за своими садами.

Франция также родина одного из наиболее знаменитых любителей, члена парламента Пейреска. Он был другом Галилея и состоял в оживленной переписке со своими учеными современниками. Постоянно наблюдая звезды, он купил сорок телескопов, пока не приобрел наконец настолько хороший, чтобы с помощью его можно было повторить наблюдения Галилея, изложенные им в *Sidereus Nuntius* (звездный восток) и был в отчаянии, когда пропустил прохождения Меркурия. Он одинаково интересовался формой снежных кристаллов, отпечатками ископаемых, рыбами и растениями. Главным его занятием была помощь ученым людям, — так изображает его друг и биограф его Гассенди. Он так интересовался физиологией, что по его инициативе открытие Гарвея было проверено на человеке. Но в общем Франция дала мало любителей-экспериментаторов. Интерес в науке часто принимал там характер внимательного наблюдения за экспериментальными успехами других, как это имело место в случае Кольбера и Дени де-Салло, ученого основателя *Journal des Sçavans*.

Голландия¹ в XVII и XVIII вв. славилась умением производить точные приборы; каждый шлифовальщик линз был самым настоящим ученым-любителем. Знаменитый Левенгук был торговцем полотном, самоучкой и столь мало образованным человеком, что не знал никаких языков кроме голландского. Одаренный очень ловкими руками, он исключительно для себя построил микроскоп. Постепенно он усовершенствовал свой прибор до такой степени, что добился увеличения в 160 раз и имел возможность рассматривать инфузории. У него было столько микроскопов, что в работах своих он применял на каждые один-два объекта исследования отдельный микроскоп.

Гюйгенс был любителем в том же смысле, что и Роберт Бойль, т. е. он посвятил свою жизнь науке, не будучи членом никакого университета. Ван-Гельмонт был богачом, имевшим свою собственную лабораторию.

В Германии мы встречаемся с очень известными примерами интереса любителей к науке. Богатые торговцы Фуггеры брали

¹ *Urnstein*, стр. 80—82.

с собой во время путешествий ученого Л'Эклюз. В Германии же мы находим Герике, который, будучи бургомистром в Магдебурге, продолжал интересоваться экспериментальной наукой, и после разграбления города во время тридцатилетней войны обратился к своим знаниям в области техники, чтобы добывать себе средства к существованию. Немец Гевелиус, сын и наследник богатого пивовара в Данциге, построил себе в 1641 г. обсерваторию, оборудованную лучше всех обсерваторий того времени, и сам шлифовал нужные ему линзы. У Чирнгаузена саксонского дворянина, было три стеклянных завода и он не только любил науку, но и являлся инициатором многих выдающихся физических изысканий. В Германии же, Лейбниц, зарабатывавший себе на жизнь, служа библиотекарем при дворе в Ганновере, все время работал над рядом физических и механических проблем.

Одним из показателей интереса, проявляемого к науке широкой публикой, интереса, который можно охарактеризовать как причуду (fad), явилось разрешение присутствовать при анатомировании посторонними зрителям.

Есть еще способ определения силы интереса, проявляемого любителями к экспериментальной науке, кроме перечисления таких любителей. Во Франции и Германии очень много читалась и достигла большого числа изданий популярная литература по экспериментальным работам. В 1624 г. Лерешон (Leurechon) опубликовал свои «Математические развлечения, составленные из нескольких интересных и шуточных задач в области арифметики, геометрии, оптики и других отраслей этих прекрасных наук». Книга эта выдержала в следующем году семнадцать изданий, была переведена шесть раз на голландский, четыре раза на английский и, что особенно заслуживает внимания, на немецкий язык Швентером («Физико-математические развлечения», 1651). Книга эта является наиболее характерной в указанном отношении, и рассмотрение ее текста дает ясное понятие о том, насколько доступны были физика и химия заинтересованному любителю. Мы имеем здесь описание опытов, сделанных Швентером отчасти по указаниям Лерешона и описанных, совершенно очевидно, не для поучительных целей, но исключительно для развлечения; опыты эти являются занимательными фокусами, а не научными изысканиями.





Рис. 84 Лекция профессора, Гравюра из книги 1680

НАУЧНЫЕ ОБЩЕСТВА

В XVII в. широко развиваются научные общества. В них, а не в университетах культивируется новая наука¹.

Они приложили все усилия к тому, чтобы всячески продвигать дело экспериментальной науки. Это было главной целью, заповедью их существования, по которым были направлены их усилия. Они могут быть вкратце изложены так: общества собирали в одном месте группы ученых, производили опыты и исследования, недоступные усилиям отдельных личностей, поощряли отдельных ученых, облегчали им возможность и свободу действий, часто посредством материальной поддержки в научной работе.

Они стали центром научной информации, издавали и переводили научные книги, периодически опубликовывали научные открытия и таким образом объединяли научные усилия различных передовых европейских стран. Они интересовались вопросами, имеющими чисто практический интерес, как, например, ремеслами, торговлей, инструментами и машинами, и старались посредством науки поднять общий уровень жизни. Они способствовали общему просвещению, рассеивая заблуждения публички, и по временам пытались привлечь к науке более широкие слои общества посредством лекций. Но прежде всего и главным образом они развивали научные лаборатории, создавали национальные обсерватории, конструировали, совершенствовали и стандартизировали приборы, изобретали точные методы проведения экспериментальной работы и настаивали на их применении и таким образом

¹ Ornstein, стр. 301—302.

навсегда установили лабораторный метод как верный способ проведения исследований.

Таким образом неизбежен вывод, что та организованная поддержка, которая нужна была науке, чтобы проникнуть в мысли и в жизнь людей, давалась не университетами, но исходила от деятельности научных обществ.

ФЛОРЕНТИНСКАЯ АКАДЕМИЯ дель Гименто (Del Cimento)¹

В пятидесятых годах XVII в. во Флоренции под покровительством великого герцога Фердинанда II, при ближайшем участии его брата Леопольда Медичи образовалась знаменитая Флорентинская *Academia del Cimento* (*Cimento* — значит опыт. *Ред.*) — академия, поставившая своей задачей исследование природы исключительно путем опыта. Влияние Галилея и его учеников сказалось в новом учреждении. В нем дух Галилея возник из пепла.

Членов академии было немного — девять. Оригинальность учреждения, просуществовавшего лишь десять лет, с 1657 по 1667 год, состояла в столь тесном единении участников, что отдельность каждого утрачивалась и они являлись перед ученым миром как одно коллективное лицо. Работы публиковались от имени академии без поименования, кому из членов принадлежит какой опыт.

Описание опытов было издано во Флоренции в 1667 г., а потом новым изданием в 1692 г. под заглавием *Saggi di naturali sperienza fatta nell'Academia del Cimento*. Книга посвящена великому герцогу тосканскому...

Открытие академии произошло 19 июня 1657 г. Заседания происходили во дворце принца Леопольда, постоянно на них присутствовавшего. Но в Риме неблагоприятно смотрели на ученое общество, посвященное изучению природы в духе Галилея. Когда принц Леопольд стал домогаться кардинальской шапки, ему условием поставлен был роспуск академии. Принц уступил. В угоду Риму общество закрылось в 1667 г.

Поррендорф в своих чтениях по истории физики («*Geschichte der Physik*», *Vorlesungen*, Leipzig 1879 г., посмертное издание) подверг внимательному рассмотрению деятельность членов академии и результаты их совокупных трудов. Девять членов в алфавитном порядке были: Борелли, Кандидо дель-Буоно, Пасло дель-Буоно, Визиани, Магалотти, Марсили, Олива, Реди, Ренвальдини. Из них главными деятелями общества были Борелли и Кандидо Буоно. Магалотти был как бы секретарем

¹ Любимов, История физики, ч. III, 197—199.

собрания. «Saggi» изложены преимущественно им. Прибавим, что большинство членов академии было аристократического происхождения. Таковы были братья Буоно, Магалотти, Марсили, Реди.

Научный опыт — и исключительно опыт без теорий и гипотез, без математической разработки — был задачей академии². «Поверяя и проверая» (provando et riprovando) — таков был ее девиз. Не в характере академии, говорилось в описании опытов, препираться о причинах явлений.

«Saggi»¹ заключают в себе тринадцать глав. Первая трактует об измерительных приборах и их употреблении. Описаны: термометр, спиртовой с произвольной шкалой; ареометр; гигрометр, основанный на осаждении влаги воздуха на поверхности конического сосуда, охлажденного льдом, его наполняющим. Измеряли, во сколько времени стекавшая вода наполняла подставленный сосуд или части его. Между приборами описывается также маятник в форме тяжелого тела, повешенного на двух нитях. В протоколах опытов было замечено, что маятник, повешенный на одной нити, изменяет направление качаний (будущие опыты Фуко). Вторая глава посвящена многочисленным опытам над давлением воздуха и образованием пустот приемом Торричелли. Приведены многообразные наблюдения явлений в безвоздушном пространстве сравнительно с тем, как они происходят в воздухе. Третья глава описывает опыты с искусственным замораживанием; четвертая трактует о естественном льде; в пятой исследуется расширение металлов и других тел от действия теплоты; в шестой — сжимаемость воды; в седьмой доказывається, что нет абсолютно легких тел и восхождение легких тел вверх объясняется давлением окружающей, удельно более тяжелой среды; в восьмой описываются опыты с магнитом, не представляющие, впрочем, чего-либо существенно нового; в девятой — опыты с натертым янтарем, между прочим, опыт с исчезновением электрического состояния, если натертый янтарь проводить над пламенем; в десятой исследуются окраски некоторых жидкостей, между прочим, описывается красный цвет, приобретаемый раствором лакмуса от действия кислоты. Опыты над скоростью звука по наблюдению выстрела пушки, произведенные еще до открытия академии в 1656 г. трудами Борелли и Вивiani, описаны в одиннадцатой главе. Глава двенадцатая посвящена опытам над брошенными телами и над сопротивлением воздуха. Академиками произведены были, между прочим, опыты над пушкой, стрелявшей с движущегося экипажа. В главе

¹ Любимов, стр. 200.

тринадцатый упоминаются разные опыты, между прочим, попытка измерить скорость распространения света. Описываются также наблюдения над фосфоричностью и опыты с зажигательными зеркалами.

ОСНОВАНИЕ ЛОНДОНСКОГО КОРОЛЕВСКОГО ОБЩЕСТВА¹

Грэшем Колледж настолько тесно связан со временем возникновения Лондонского королевского общества, что здесь уместно будет сказать несколько слов о нем. Сэр Грэшем в своем завещании (1775) оставил ценное имущество гражданам Лондона для устройства колледжа в принадлежавшем ему доме. Там в удобных квартирах должны были жить семь профессоров, которые должны были ежедневно читать лондонским гражданам лекции по богословии, астрономии, музыке, геометрии, праву, физике и риторике, — выдающийся пример интереса к распространению науки среди людей, специально ею не занимающихся.

Группа ученых, регулярно собиравшихся в Грэшем-Колледже, позднее превратилась в Лондонское Королевское общество. Люди эти выступали против старой схоластической науки. Весьма характерны следующие стихи — отрывки из поэмы, написанной вероятно Вильямом Глэнвилем и посвященной Грэшем Колледжу.

*В похвалу избранному обществу философов и
выдающихся умов, которые еженедельно собираются
по средам в Грэшем-Колледже.*

Есть в Грэшем-Колледже ученый кружок;
О нцел пред собой, как светильник, зажег;
Создать корпорацию — членов мечтанье,
В ней опыты будут основой познания.
И членам его — драгоценный металл
Не нужен! Их цели — прославиться шире!
Чтоб Грэшем-Колледж академией стал,
Рассадником знаний, единственным в мире!
На Оксфорд и Кембридж с насмешкой глядим...
Царят там педанты в величии хмуром...
Осел Аристотель! — мы всех убедим —
В сравнении с другим мудрецом — Эпикуром².

¹ Ornstein, стр. 120.

² Idem, стр. 123.

Ни¹ Лондонское Королевское общество, ни Парижская академия наук не были созданы суверенной властью (как Академия дель Чименто была создана Медичи), но возникли из неофициальных и свободных собраний приверженцев экспериментальной науки, ученых и любителей. Королевский указ не создал их, а только дал более определенную, более жизнеспособную форму их прежней организации.

Интересы обоих этих учреждений были не так строго научны, как интересы Академии дель Чименто; они были почти всеобъемлющи. Наряду с чисто научными проблемами они занимались проблемами, относящимися к ремеслам, торговле и промышленности; и именно эта сторона их интересов, в особенности вначале, снискала им покровительство короля. «Предметами нашего обсуждения, — пишет в автобиографической записке Валлис, — были: кровообращение; засоренки вен, лимфатические сосуды, гипотеза Коперника, природа комет и новых звезд, спутники Юпитера, овальная, как это тогда казалось, форма Сатурна, солнечные пятна и обращение солнца около оси, неравенства и селенография луны, фазы Венеры и Меркурия, изобретение телескопа и шлифовка стекол для него, вес воздуха, возможность или невозможность пустоты и боязнь пустоты в природе, опыт Торричелли с ртутью, падение тяжелых тел, ускорение падения и другие вопросы касательно природы. Многие из этих предметов были тогда новыми открытиями, другие были мало известны и не так распространены, как ныне, как и вся область, называемая новой философией, которая, начиная с Галилея во Флоренции и сэра Франциска Бэкона (лорда Веоуламского) в Англии, разрабатывается кроме Англии в Италии, Франции, Германии и других местах... Около 1648 и 1649 гг. часть нашего кружка удалась в Оксфорд; прежде всего доктор Вилькинс, затем доктор Годдард. Кружок разделился. Оставшиеся в Лондоне собирались попрежнему; и мы по случаю участвовали, а постоянно наша часть собиралась в Оксфорде».

В 1661 г.² король даровал обществу королевскую хартию, законом утверждающую его существование. Через два года, 22 апреля 1663 г., хартия была заменена новой, более широкой, которая и доныне составляет основной статут общества. Согласно хартии Общество, получившее наименование Королевского, состоит из президента, совета и членов: *praesidis consilium et sodales Regalii Societatis Londini pro scientia naturali promovenda* Король объявил себя основателем и покровителем общества. Девизом

¹ Ornstein, стр. 110

² Любимов, стр. 206.

³ *Idem*, стр. 208.

своим обществом выбрало щит с подписью Nullius in verba (ничему не верить на слово). По поводу девиза делались много предложений, выбрали простейший. Некоторые предлагали изобразить судно с надписью et augebitur scientia (и умножится наука); другие — два телескопа, землю, планеты и подпись quantum nescimus (сколько мы еще не знаем); предполагали на щите солнце ad majorem lumen (к великому светилу) и стих Quis dicere falsum audeat (кто посмеет сказать неправду); на гербовом щите — надпись из послания omnia probate (все только проверенное).

Отрывок из хартии Карла II, об основании Королевского общества 15 июля 1661 г.

«И поскольку мы осведомлены о том, что ряд лиц высокого образования, изобретательности и достоинства, сходящихся в своих склонностях и исследованиях в этой области, в течение некоторого времени взяли за обычай встречаться еженедельно и организовано для обсуждения скрытых причин явлений с целью устанавливать определенные и исправлять неопределенные философские теории и оказатся, благодаря работе своей в области познания явлений природы, благодетелями человечества; и что они уже достигли значительных успехов путем различных полезных и замечательных открытий, изобретений и экспериментов в математике, механике, астрономии, навигации, физике и химии, — нами решено пожаловать наше королевское благоволение, покровительство и особое поощрение этому именитому обществу и такому полезному и достойному похвалы предприятию.

«Мы давно и полностью решили расширить не только границы нашего государства, но и его искусства и науки. Поэтому мы смотрим с благоволением на все виды изучения, но с особым благоволением мы поощряем занятия философские, в особенности такие, которые имеют целью путем действительных экспериментов либо выработать новую философию, либо усовершенствовать существующую. Поэтому, для того чтобы такие изыскания, которые до сих пор не были достаточно успешны ни в одной части света, могли выдаваться и сиять среди нашего народа так, чтобы в конце концов весь образованный мир мог признать нас не только поборниками веры, но и всемирными любителями и покровителями всякого рода истин и вообще... знайте, что мы... повелели... основать общество, состоящее из председателя, совета и членов, которое будет названо и именоваться Королевским Обществом... Совет будет

¹ OrNSTEIN, стр. 125—126.

состоять из 21 человека, причем председателем должен будет быть всегда только один... И что все отдельные другие лица, которые в течение месяца... будут приняты и утверждены председателем и советом... будут названы и величаться членами Королевского Общества, которых,—чем больше они будут отличаться в изучении любой отрасли науки и литературы, чем больше будут желать повысить достоинство, исследовательские работы и превосходство этого общества... тем больше мы желаем видеть их годными и респектабельными для принятия в число членом названного общества».

«Делом и назначением Королевского общества, — пишет Гук¹, — является:

«Повысить знания в области естественных явлений и всех полезных искусств, механических приспособлений, машин и изобретений посредством опытов (не возясь с богословием, метафизикой, моралью, политикой, грамматикой, риторикой или логикой).

«Стараться восстановить те дозволенные искусства и изобретения, которые были забыты.

«Пересмотреть все системы, теории, принципы, гипотезы, элементы, известные случаи и эксперименты в области вещей естественных, математических и механических, изобретенных, отмеченных или практикующихся любым сколько-нибудь значительным автором древности или современности, с целью получения полной системы основательной философии для объяснения всех явлений природы или искусства и составления разумного отчета причин всех явлений.

«В то же время общество не примет ни одной гипотезы, системы или доктрины из естественной философии, предложенной или упомянутой каким бы то ни было философом древности или современности; ни объяснения никаких явлений, объяснения которых следует искать в начальных причинах (как не объясняемых теплом, холодом, весом, числом и т. п. как являющимися результатами этих явлений); не будет ни догматически определять, ни устанавливать аксиомы для научных предметов, но будем рассматривать и обсуждать все мнения, не утверждая и не придерживаясь ни одного до тех пор, пока путем зрелых обсуждений и ясных аргументов, главным образом таких, какие могут быть получены в результате правильно поставленных опытов, не будет непременно установлена истинность данных экспериментов.

¹ *Idem*, стр. 130—131. *Weld*, A history of the Royal Society, стр. 146. Взято из рукописи трудов Гука, написанной в 1663 г.

«И до тех пор, пока не будет собрано достаточное количество данных опытов, описаний и наблюдений, на еженедельных собраниях общества не должно происходить никаких дебатов, касающихся гипотез или принципов философии, и не должно проводиться никаких бесед для объяснения какого бы то ни было явления за исключением тех, которые будут проходить по особому назначению общества или по специальному разрешению председателя. Но время собрания должно быть употреблено на предложение и производство опытов, разъясняющих истинность, основу и применение последних, чтение и обсуждение писем, доклады и другие труды, касающиеся предметов философии и механики, рассмотрение и обсуждение курьезов природы и искусства и занятие всем тем другим, что будет назначено советом или председателем».

Характерным для этого типа людей¹, входящих в общество, было то, что многие из их изысканий преследовали исключительно практические цели. Спрэт (историк Королевского Общества) так описывает эту стадию их работы: «Они выдвинули вопрос о составлении каталога всех ремесел и производств... отмечая все физические рецепты или секреты изготовления, приборы, инструменты, машины и ручные способы производства, требующие особого искусства... Они рекомендовали расширить производство гобеленов, шелка, плавку руды с каменным углем... подвергнуть испытаниям землю в различных местах Англии, с тем чтобы выяснить, не может ли применение ее способствовать усовершенствованию гончарного мастерства. Они сравнивали почву и глину различных сортов для получения лучших кирпичей и черепицы. Они занялись распространением картофеля и приступили к производству опытов по добыванию масла из табака».

Изыскания производились также в области улучшения сортов вина, усовершенствования способов варки эля и пива, удобрения известью, конструкции нового пресса для сидра и лампы для высиживания яиц. Они изучали способ производства рапир в Германии и вопросы, относящиеся к конструкции повозок. Корабль сэра Вильяма Пэтти вызвал большой интерес. Уинтроп прочел доклад, трактующий об удобстве постройки судов в некоторых областях Северной Америки, благодаря наличию в этих местах большого запаса хорошего дуба, сосны и лесопилок. 15 октября 1662 г. король издал указ, гласящий, что ни одно изобретение по физике или механике не может быть запатентованно без предварительного утверждения его обществом. Как следствие этого часам был представлен на утверждение

¹ Ibidem, стр. 143.

целый ряд машин, одна, например, для производства полотняной одежды, интересная тем, что она являлась прообразом машины Харгрива¹. Образцы машин, а именно печатный станок, поступали на рассмотрение общества даже из Германии.

Желая представить себе, каковы были эти собрания XVII в. и, в частности, собрания молодого Королевского Общества, не нужно прежде всего сравнивать их с заседаниями наших современных академий, так как никакого сходства между ними нет. Следует помнить, что в наших академиях большая часть сообщений есть результат наблюдений и опытов, и очень редко, бывает, чтобы опыты эти производились во время заседаний, тем более что наши требования к опытам и прогресс современной физики таковы, что даже легчайшие из них требуют такой тщательности и иногда столь долгих приготовлений и исполнений, что нельзя и думать воспроизвести их в присутствии членов данного собрания. Члены же Королевского Общества, напротив того, главным образом и собирались для производства опытов, опыт их интересует столь же, как и вывод. Они хотят видеть все собственными глазами. Желая противодействовать старой методе, они считали списание опытов — болтовней, которой не следует доверять. Опыты же были их главным занятием, и они иногда производили их несколько бестолково, исследуя все «падавшие под руки редкости». «Секретарь записывает результаты опытов, — говорит Монкони, — независимо от их успешности, чтобы можно было обнаружить ложные предположения и воспользоваться верными». В конце каждого заседания решали, какие опыты будут сделаны в ближайшем будущем. Члены общества производили еще много опытов у себя. Если объект исследования был очень мал или если можно было его делить, то его поручали Гуку для исследования под микроскопом. Канцелярскому служителю общества, bravому служаке, получавшему в год сначала два фунта стерлингов содержания, а позже — четыре фунта, т. е. около 40 руб., поручались, кроме канцелярских работ, подготовка к опытам и доставка живых животных... Королевское Общество в начале своих занятий имело сходство с «семинариями», куда каждый приносит свою личную работу, резюмирует работу других, но главным образом prepares

¹ Philosophical Transactions (сокращ.), т. 1, стр. 501. Это было описано таким образом: «Преимущества машины следующие: один двигатель будет приводить в действие десять или двенадцать ткацких станков. Для завязывания ниток достаточно будет одного мальчика на несколько станков».

² Джордж Сартон, Двухсотпятидесятилетие Лондонского королевского Общества. Журнал «Физическое обозрение», т. 14, № 4, 1913 г., стр. 224 — 227.

и организует опыты. Читая книгу Бэрча, точную и правдивую, как все специальные журналы, мысленно присутствуешь при спорах или, лучше, беседах с самыми сведущими людьми, оживленных живой, любознательностью по самым разнообразным вопросам. Как бы ни были скромны и примитивны все эти исследования и опыты, все же в них заключается зародыш новейшей науки.

В 1684 г. Общество назначает кураторов, которым поручает организацию и ведение опытов; первыми кураторами были Роберт Гук и Денис Папин. В том же году Королевское Общество выделило из себя восемь комиссий: 1) механическую, которой было поручено исследовать и усовершенствовать все изобретения по механике; она состояла из 69 членов, а председателем ее был лорд Брунжер; 2) астрономическую и оптическую, состоявшую из 15 членов под председательством доктора Годдара; 3) анатомическую — под председательством доктора Энта; в состав ее входили все медики и еще 3 других члена; 4) химическую, состоявшую также из всех медиков и еще 7 других членов, под председательством доктора Годдара; 5) комиссию сельской экономики (земледельческую) с 32 членами под председательством Говарда; 6) технологическую (Histories of Trade) из 35 членов под председательством доктора Меррета; 7) комиссию из 21 члена под председательством Госкинса; ей было поручено «собирать все уже наблюдаемые явления природы и все сделанные и описанные опыты»; 8) комиссию из 20 членов под председательством Повейя, которой была поручена корреспонденция Общества.

Сверх тех опытов, которые Общество может произвести у себя дома, оно кроме того старается организовать анкеты за границей.

Таким образом с 1661 г., т. е. еще до получения королевской грамоты, лорду Брунжеру и Роберту Бойлю было поручено составить обширную программу метеорологических и физических опытов на вершине Тенерифа. В том же году, раньше учреждения вышеупомянутых комиссий, Общество назначило еще одну комиссию для составления вопросных пунктов для иностранцев, путешественников и др. Так, например, узнают, что граф Сандвич собирается в Лиссабон, и сейчас же члены Общества предлагают ему сделать некоторые океанографические исследования. Расспрашивают и выпытывают путешественников и капитанов, приезжающих из далеких стран. При наступлении зимы намечают программу опытов с замораживанием, так как тогда не умели еще создавать холод искусственно; те же вопросы они задают путешественникам, отправляющимся в Голландию; они ходатайствуют у лорда-лейтенанта и у Ост-Индской компании разрешение, чтобы члены Королевского Общества находились на попечении их офицеров.

Вопросы технологии чрезвычайно интересовали наших академиков; несомненно, как люди дела они имели чисто практические и материальные основания интересоваться этими вопросами, и, видимо, по какому-то верному инстинкту они понимали, что ремесленники и промышленники сохранили много ценных и положительных сведений, которые улучшались тысячелетней практикой и продолжали развиваться независимо от науки; здесь представлялось опротивление поприще для научных завоеваний; в мастерских и на фабриках, так же как и во время далеких путешествий, возможны были научные открытия. Из одного протокола за 1667 г. мы узнаем, что Говарду было поручено изучить прежние и новые приемы дубления кож, Гуку — изготовление мыла и шляп, Гиллоу — изготовление бумаги и Томасу Коксу — рафинирование сахара. Они изучают приготовление сидра, обсуждают способ сохранения и улучшения вин, культуру дынь... Они даже интересуются, как выделывать стальные и латунные пластинки; как ткать шерсть, как выделывать бумагу под мрамор. Читая историю Общества Бэрча или Уэльда, очень интересно проследить, как оно постепенно вырабатывает подробные правила своего обихода, как устанавливаются известные обычаи, — словом, видеть, как растет и определяется организм Общества. При этом чтении как бы присутствуешь при непрерывном усовершенствовании научной организации. Вербовка новых членов становится тоже все серьезнее и прием — все труднее.



ОСНОВАНИЕ ПАРИЖСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК¹

В эпоху, когда в Англии основалось Королевское Общество, во Франции, в Париже, также было собрание ученых, сходящихся еженедельно беседовать о своих занятиях и сообщать друг другу свои наблюдения и открытия. Собрания эти происходили сначала у одного любителя, Монмора, потом у Мельхиседека Тевеню. Последний, человек чрезвычайно любознательный, интересовался всяческими знаниями: он изучал историю, географию, физику, математику, языки, философию.

... К этой частной и свободной академии принадлежали: Декарт, Роберваль, Блондель, Мерсенн, Гассенди, Блез Паскаль и его отец. Гоббс был принят в это общество во время пребывания своего в Париже в 1640 г., и там же Мерсенн познакомил его с Декартом. Кольбер, изыскивая всевозможные средства к распространению и развитию наук, понял, какие выгоды могло извлечь государство из этого общества, и составил

¹ Любимов, стр. 575—577.

план утратить его существование через обращение его в королевское учреждение. Людовик XIV одобрил этот план, и Академия Наук была основана.

... Король обеспечивал существование академиков пенсиями и предоставил в их распоряжение капитал на производство опытов и на покупку инструментов. Вместе с тем в качестве помощников при трудных и сложных работах академиков Кольбер присоединил к Обществу в звании адъюнктов (adjoints) несколько молодых людей, желавших посвятить себя наукам. 22 декабря 1666 г. Академия открыла свои заседания в одной из зал королевской библиотеки. Постановлено было, чтобы Общество собиралось два раза в неделю: математики—по средам, натуралисты и физиологи, обозначавшиеся тогда общим названием физиков, — по субботам.

СТАТУТЫ, УСТАНОВЛЕННЫЕ ПО ПРИКАЗУ КОРОЛЯ ДЛЯ КОРОЛЕВСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФРАНЦИЯ, ПАРИЖ 1699 г.²

Пожелав и в дальнейшем выказывать Королевской Академии Наук свое расположение, король решил установить настоящие статуты. Его величество желает и ожидает, что им будут точно следовать.

I. Королевская Академия Наук будет всегда находиться под покровительством короля и будет получать его указания через того государственного секретаря, которому его величеству будет угодно это поручить.

II. Названная Академия будет всегда состоять из четырех классов (разрядов) академиков: почетные, штатные (пенсионеры), адъюнкты и ученики. Первый класс будет состоять из десяти человек и каждый из трех остальных из двадцати и никто не может быть принят в какой-либо из этих четырех классов как только по выбору или с согласия его величества.

III. Почетные академики должны быть все уроженцами (гражданами) Франции и выдающимися по своим талантам к математике или к физике. Из них один будет президентом и никто из них не может стать пенсионером.

IV. Пенсионеры все должны жить в Париже: три геометра, три астронома, три механика, три анатома, три химика, три ботаника, один секретарь и один казначей. И если случится, что кто-нибудь из них будет вызван для какого-либо поручения

² Перевод с французского сделан из книги Fontenelle, Oeuvres Complètes, Paris, 1818 г., т. I, к. I, стр. 40.

или работы, требующей пребывания вне Парижа, то его место будет замещено так же, как если бы это место освободилось бы за смертью академика.

V. Адъюнкты будут в таком же числе; двенадцать из них должны быть местными уроженцами; два по специальности геометры, два астронома, два механика, два анатома, два химика, два ботаника. Восемь остальных могут быть иностранцами и заниматься той из этих различных наук, к которой они чувствуют наибольшую склонность и имеют талант.

VI. Ученики должны жить все в Париже, каждый должен заниматься той наукой, которой занимается академик-пенсионер, к которому он прикомандирован; и если они переходят на службу, требующую пребывания вне Парижа, их места будут замещены, как в случае вакантности места за смертью.

XI. Никто не может быть предложен королю для замещения одного из названных мест академиком, если он не отличается хорошей нравственностью и честностью.

XII. Ни один человек, являющийся священником или принадлежащий к какому бы то ни было религиозному ордену, не должен предлагаться в члены иначе, как в качестве почетного члена.

XIII. Кандидатуры на пенсионеров или адъюнктов выдвигаются перед королем только для тех лиц, которые имеют какие-нибудь значительные опубликованные труды и добились известности в своей области науки либо посредством этих трудов, либо изобретением машины собственной конструкции, либо каким-нибудь особенным открытием.

XX. Поскольку опыт показал, что совместная разработка одних и тех же задач несколькими академиками не является желательной, каждому из них предоставляется выбрать себе отдельный предмет для своих изысканий и затем путем отчета перед собранием о проделанных работах оделать все возможное для обогащения Академии своими открытиями, повышая в то же время свои собственные знания.

XXII. Хотя каждый академик должен будет посвятить себя отдельной отрасли науки, однако каждому следует стараться простираť свои изыскания на все, что может оказаться полезным и интересным в различных областях математики, отраслях ремесла или всего того, что может каким бы то ни было путем относиться к приобретению познаний в естественной истории или каким-нибудь образом относиться к физике.

XXIII. На каждом собрании не меньше двух членов должны поочереды изложить результаты своих наблюдений и изысканий...

XXIV. Все наблюдения... должны быть... представлены секретарю в письменном виде.

XXV. Все упомянутые в докладе опыты должны быть по мере возможности повторены перед собранием или же дома в неофициальной обстановке, в присутствии нескольких академиков.

XXVIII. Академия должна предложить кому-нибудь из своих членов читать все существеннейшие и появляющиеся статьи по физике и математике...

XXIX. Академия должна повторить все сколько-нибудь значительные опыты, сделанные в других местах, отмечая при этом в своих записях соответствие или различие между своими данными и данными других.

XXXI. Академия должна рассматривать, если это прикажет король, все машины, для которых изобретатель просит патента или привилегии. Академия удостоверит, полезны ли они и новы ли. Изобретатели тех машин, которые были одобрены, должны оставить модели в академии.

L. Его величество желает, чтобы настоящий статут был прочитан в ближайшем собрании и напечатан в регистрах, чтобы ему точно следовали, руководствуясь его формой и содержанием, и в случае если какой-либо академик нарушит его в какой-либо части, его величество прикажет его наказать в зависимости от тяжести проступка.

Дано в Версале 26 января тысяча шестьсот девяносто девятого года и подписано Луи и ниже Фелиппо.



Следующий перечень дает представление о круге вопросов, интересовавших ученых того времени¹. Он помещен в отчете

о работе общества Collegium Curiosum sive Experimentale, организованного при одном из наиболее прогрессивных университетов в Германии, в университете в Альтдорфе в 1672 г. Христофором Штурмом, из-

¹ Ornstein, стр. 207.

вестным математиком, поддерживавшим связи со многими выдающимися учеными разных стран.

1. Водолазные колокола. 2. Камера obscura — объяснение устройства глаза. 3. Опыт с барометром (тот же, что и в Laggi»). 4. Сифоны. 5. Гидростатические опыты. 6. Водяной насос. 7. Опыт, показывающий силу атмосферного давления посредством водяного столба в 36 футов вышиной. 8. Капиллярность. 9. Термометр. Дифференциальный термометр, имеющий большое значение для метеорологии. 10. Воздушный корабль, изобретенный Франциском Лана. 11. Механика. Законы рычага и простых машин. Прибор, показывающий закон параллелограмма сил. 12. Универсальный язык. 13. Воздушный насос. Опыты Герики и Бойля. Общество усовершенствовало насос. 14-а) Гигроскоп. В) Хронометр. 15. Микроскоп. Телескоп. 16. Линзы. Рефракция лучей.

Далее описаны опыты, относящиеся к: 1. Водолажным колоколам. 2. Воздушным насосам. 3. Барометру. 4. Гигрометру. 5. Сифонам (аркадийский колодезь) 6. Стеклянным слезкам. 7. Рычагу. 8. Трубам, рожкам (ушные рожки). 9. Новым опытам с термометром. 10. Магдебургским полушариям. 11. Механизме мускулов. 12. Опыту Гельмонта. 13. Гигроскопу. 14. Усовершенствованию насоса Герики.



НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ В XVII в¹.

27-й пункт Статутов Парижской королевской академии наук гласит:

«Академия должна поддерживать переписку между учеными, как парижскими учеными и провинциальными, так и с иностранными учеными, для быстрого уведомления о том, что произойдет интересного в области метаматики или физики...» Но, конечно, частная переписка ученых стала явно недостаточна. Необходим был официальный орган, который служил бы средством для общения ученых.

За основанием в Париже в январе 1665 г. *Journal des Sçavans* последовало огромное распространение научной периодической прессы. 330 журналов было основано в семи европейских странах за период с 1665 по 1730 г., причем впереди идет Германия с 182 журналами, затем Англия с 51 и Голландия

¹ Составлено по 1) *B. Barnes, The Scientific journals, 1665—1730. Scientific Monthly, 1934 г., стр. 257—260,* 2) *M. Ornstein, The history of the scientific Societies in the 17 iccentury, стр. 231—243.*

с 34. Во Франции было основано 30 и в Италии 34 журнала. Во французской Швейцарии и Скандинавских странах по 5 журналов.

«Пожалуй, никакая литература не принимается публикой лучше и не читается с более захватывающим интересом, чем журнальная литература», говорит в 1721 г. один из современников.

Журналы служили и популяризации науки. В этот период существовало по крайней мере, 30 журналов, в большинстве недолговечных, предназначенных главным образом, для популяризации знаний, а в добавление к этим признанным популяризаторским журналам все журналы, издававшиеся на родном языке, привлекали своей дешевизной, удобным форматом, краткостью, оригинальностью и разнообразием.

Журналы, — заявляет Дени де-Салло, — были придуманы для того, чтобы помочь людям, которые или слишком ленивы или слишком заняты, чтобы читать книги. Это — способ с наименьшим трудом удовлетворить свое любопытство и стать ученым».

Из 113 специальных журналов, появившихся в 1665 — 1730 гг., 30 были посвящены естественным наукам. Из них 18 были посвящены общим вопросам, 11 были чисто медицинскими и 1 посвящен математике и физике.

Из этих 30 журналов только 8 печатались по-латыни.

Только шесть из этих 30 журналов были связаны с академиями.

Первым научным журналом, ответившим назревшей необходимости в органе для научного общения (существовавший до того времени вид общения — корреспонденция — стал явно недостаточен), был издаваемый Дени де-Салло еженедельный *Journal des Sçavans*, первый том которого вышел 5 января 1665 г. (издатель спрятался за вымышленное имя сьер д'Эдувиль (*sicur d'Hedouville*)). Журнал был невелик, давал: во-первых, краткий обзор появившихся книг; во-вторых, некрологи известных людей и резюме их деятельности; в-третьих, печатал сообщения и описания опытов по физике и химии, излагал новые открытия в области техники, искусства и науки, давал описания полезных машин, интересные изобретения математиков, наблюдения неба, метеорологические явления и новые анатомические открытия, сделанные на животных; в-четвертых, публиковал главные решения университетских трибуналов и, в-пятых, текущие события ученого мира.

Журнал существовал четыре месяца, затем происками иезуитов перешел в руки аббата Голуа, члена академии, затем аббата

ля Рокк и, наконец, аббата Биньон (1702 г.), который стал издавать его от имени академии.

В первое время одна треть статей касалась исторических исследований. Много места уделялось и отчету о продельваемых опытах. Помещались и дискуссии, сообщения о новых открытиях, перепечатки из *Philosophical Transactions*, *giornale di litterati*, *Miscellanea* и т. д. журнал был тесно связан с учеными обществами того времени.

The Philosophical Transactions, орган Королевского Общества в Англии, появился в свет через два месяца (1 марта 1665 г.). Это был ежемесячный солидный журнал, послуживший образцом для всех остальных серьезных журналов.

В Италии извозник *giornale de literati di Roma* (1668—1670 гг.) продолжавшийся под названием *Il giornale de literati per tutto L'anno*, Парма (1668—1690 гг.) и Модена (1692—1697 гг.).

В Германии журнал *Miscellanea Naturae Curiosorum* был журналом чисто медицинским *Acta medica et Philosophica Hafniensis* (1673—1680 гг.), издаваемый Томасом Бартолинусом, также был журналом чисто медицинским.

Во Франции также стали издавать специальный медицинский журнал.

Acta Eruditorum, издаваемые с 1682 г. в Лейпциге, напоминают скорее *Philosophical Transactions*, чем *Journal des Sçavans*. Журнал пользовался поддержкой герцога саксонского. Издателем был профессор этики и практической философии Отто Менке совместно с ученым советом *Collegium Gellianum* или *Leipscicum*. Журнал выпускался в виде больших фолиантов. Публикации делались по-латыни, текущие события академической жизни совсем не встречались в них. Печатались ученые статьи и объявления (не критика) о новых книгах. В этом журнале мы видим некое смешение старого схоластицизма с новыми веяниями. В журнале много места занимают вопросы права, «богословские темы» и ссылки на Библию, так как издатели ортодоксальны в своих убеждениях.

«Acta» были главным серьезным научным журналом XVII в. «Ученые пишут для ученых» говорит о них историк. Предлагая проблемы и сообщая о решениях их, они являлись таким образом форумом для обмена мыслями.

В Германии научные общества не были на высоте, «Acta» же стремились собрать все, что было ученого в стране и вне ее в области науки. Пьер Бейль говорит: «Я нашел, что они настолько обоснованы, настолько точны, настолько разнообразны, что превосходят свою высокую репутацию».

Том	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Геология . . .	35	50	56	71	55	65	56	48	54	59	56	40	33	46	50	48	48
Право	16	19	11	24	9	7	16	10	13	5	5	12	15	13	6	14	12
Медицина и физика . . .	43	48	47	41	49	32	33	26	19	19	18	28	20	24	18	21	26
Математика и астрономия .	23	33	31	28	30	16	24	24	15	29	22	26	33	36	22	24	17
История и география . . .	24	31	28	72	30	34	40	27	16	30	35	34	40	45	26	29	48
Филология . .	27	41	44		32	30	17	24	30	37	41	46	36	32	41	30	45
	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699

С *Journal des Sçavans* соперничали *Nouvelles de la république des lettres*, издаваемые с 1684 г. П. Бейлем в Роттердаме. Это популярный научный журнал. В обращении он сообщает, что будет печатать похвальные речи (*éloges*) ученым; характерно, что он предупреждает, что не будет обращать внимания на религиозные убеждения ученых, а лишь на их научную репутацию, так как все ученые в республике науки должны быть братьями. Этот журнал, как и *Journal des Sçavans*, доходил до очень широких кругов читателей. *Philosophical Transactions* и *Acta Eruditorum* бы ли важны как способ общения ученых *Miscellanea* интересны как прообраз более специальных журналов.



КОНЦЕПЦИЯ МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ
У НЬЮТОНА,
ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОТИВЫ ЕГО МИРО-
ВОЗЗРЕНИЯ.

1. *Ньютон*, «Оптика». Вопросы.
2. *Ньютон*, «Начала», кн. III.
3. Бойлевские лекции Бентли и его переписка с Ньютоном.
4. Полемика Кларка (Ньютона) с Лейбницем.

ИСААК НЬЮТОН

ОПТИКА, ИЛИ ТРАКТАТ ОБ ОТРАЖЕНИЯХ,
ПРЕЛОМЛЕНИЯХ, ИЗГИБАНИЯХ И ЦВЕТАХ СВЕТА

1704 г.

ISAAC NEWTON

OPTICS, OR A TREATISE OF THE RETLEXIONS, REFRACTIONS, INFLECTIONS AND COLOURS OF LIGHT

«Оптика» Ньютона, изданная в 1704 г., была написана в основных чертах не позднее 1687 г. Книга была написана Ньютоном по-английски и вскоре переведена на латинский язык С. Кларком. Еще при жизни автора вышло три английских, три латинских и одно французское издания.

«Оптика» состоит из трех книг. В первой излагаются вопросы об отражении, преломлении и дисперсии света, во второй — о цветах тонких пластинок, естественной окраске тел, а также о цветах толстых пластинок; в третьей излагается дифракция света, а также ряд вопросов, неоконченные опыты и неразрешенные проблемы.

В настоящем сборнике приводятся два «вопроса» из третьей книги.

Перевод с третьего английского издания 1721 г. с примечаниями акад. С. И. Вавилова.

(Стр. 308 — 315).

ВОПРОС 31

Итак, природа весьма схожа в себе самой и очень проста, выполняя все большие движения небесных тел при помощи притяжения тяготения, являющегося посредником между этими телами, и все малые движения частиц этих тел — при помощи некоторых иных притягательных и отталкивательных сил, свя-

зывающих эти частицы. *Vis inertiae* (сила инерции) есть пассивный принцип, посредством которого тела пребывают в их движении или покое, получают движение, пропорциональное приложенной к ним силе, и сопротивляются настолько же, насколько сами встречают сопротивление. По одному этому принципу в мире еще не могло бы произойти движение. Был необходим некоторый иной принцип, чтобы привести тела в движение, и раз они находятся в движении, — требуется еще один принцип для сохранения движения. Ибо из различного сложения двух движений вполне ясно, что в мире не всегда имеется одно и то же количество движения. Если два шара, соединенные тонким стержнем, вращаются вокруг их общего центра тяжести равномерным движением, в то время как центр равномерно движется по прямой линии, проведенной в плоскости их кругового движения, то сумма движений двух шаров в том случае, когда шары находятся на прямой линии, описываемой их общим центром тяжести, будет больше, чем сумма их движений, когда они находятся на линии, перпендикулярной к этой прямой. Из этого примера ясно, что движение может получаться и теряться. Но благодаря вязкости жидкостей, трению их частей и слабой упругости в твердых телах движение более теряется, чем получается, и всегда находится в состоянии уменьшения. Ибо тела абсолютно твердые и тела настолько мягкие, что лишены упругости, не отскакивают друг от друга. Непроницаемость заставляет их только останавливаться. Если два равных тела встречаются прямо *in vacuo* (в пустоте) по законам движения, они останавливаются там, где встретились, теряют все свое движение и остаются в покое, если только они не упругие и не получают нового движения благодаря упругости. Если упругости достаточно для того, чтобы они отскочили с четвертью, половиной или тремя четвертями силы, с которой они столкнулись, они потеряют три четверти или половину, или четверть своего движения. Это можно испытать на опыте, заставляя два одинаковых маятника падать друг на друга с равных высот. Если маятники из оловца или из мягкой глины, они потеряют все или почти все свое движение. Если маятники из упругих тел, они потеряют все, за исключением того, что вновь получают от своей упругости. Если скажут, что тела теряют только то движение, которое они сообщают другим телам, то следствием этого было бы то, что *in vacuo* они не могли бы терять движения и при встрече проходили дальше и проникали одно через другое. Если наполнить три равных круглых сосуда — один водой, другой маслом, третий расплавленной смолой — и привести жидкости в движение так, чтобы дать им вихревое движение, то смола вследствие своей вязкости быстро потеряет свое движение, менее

вязкое масло будет удерживать его дольше и вода, еще менее вязкая, — еще дольше; однако все же и она потеряет его в короткое время. Отсюда легко понять, что если бы несколько соприкасающихся вихрей из расплавленной смолы были так же велики, как вихри, которые некоторые предполагают вращающимися вокруг солнца и неподвижных звезд, то они и части их благодаря вязкости и густоте сообщали бы свое движение друг другу, пока все бы не остановилось. Вихри из масла или воды или еще более текучей материи продолжали бы движение дольше; но если только материя не совершенно лишена вязкости и трения частей и способности передачи движения (чего нельзя предполагать), движение должно постоянно убывать. Мы видим поэтому, что разнообразие движений, которое мы находим в мире, постоянно уменьшается, и существует необходимость сохранения и пополнения его посредством активных начал, — такова причина тяготения, при помощи которого планеты и кометы удерживают свои движения в орбитах и тела приобретают большое движение при падении; такова причина брожения, при помощи которого сердце и кровь животных удерживаются в вечном движении и тепле, внутренние части земли постоянно нагреваются и становятся очень горячими в некоторых местах, тела горят и светятся, горы воспламеняются, подземные пещеры взрываются и солнце продолжает быть необычайно горячим и оверкающим и согревает все тела своим светом. Мы встречаемся с очень немногими движениями в мире, кроме тех, которые обязаны этим активным началам. Если бы они не происходили от этих начал, то тела земли, планет, комет, солнца и всех вещей на них охладились бы, замерзли и становились бездеятельными массами; прекратилось бы всякое тление, рождение, растительность и жизнь, и планеты с кометами не оставались бы на своих орбитах.

При размышлении о всех этих вещах мне кажется вероятным, что бог вначале дал материи форму твердых, массивных, непроницаемых, подвижных частиц таких размеров и фигур и с такими свойствами и пропорциями в отношении к пространству, которые более всего подходили бы к той цели, для которой он создал их. Эти первоначальные частицы, являясь твердыми, несравнимо тверже, чем всякое пористое тело, составленное из них, настолько тверже, что они никогда не изнашиваются и не разбиваются в куски. Никакая обычная сила не способна разделить то, что создал сам бог при первом творении. Так как частицы продолжают оставаться целыми, они могут составлять тела той же природы и сложения на-веки. Если бы они изнашивались или разбивались на куски, то природа вещей, зависящая от них, изменялась бы. Вода и земля, составленные из

старых изношенных частиц и их обломков, не имели бы той же природы и строения теперь, как вода и земля, составленные из целых частиц вначале. Поэтому природа их должна быть постоянной, изменения телесных вещей должны проявляться только в различных разделениях и новых сочетаниях и движениях таких постоянных частиц; сложные тела могут разбиваться не в середине твердых частиц, но там, где эти частицы расположены рядом и только касаются в немногих точках.

Мне кажется далее, что эти частицы имеют не только *Vis inertiae*, сопровождаемую теми пассивными законами движения, которые естественно получают от этой силы, но также, что они движутся некоторыми активными началами, каково начало тяготения и начало, вызывающее брожение и сцепление тел. Я не рассматриваю эти начала как таинственные качества, предположительно вытекающие из особых форм вещей, но как общие законы природы, посредством которых образовались самые вещи; истина их ясна нам из явлений, хотя причины до сих пор не открыты. Ибо это — явные качества, и только причины их тайны. Последователи *Аристотеля* дают название скрытых качеств не явным качествам, но только таким, которые, как они предполагают, кроются в телах и являются неизвестными причинами явных явлений. Таковы были бы причины тяготения, магнитных и электрических притяжений и брожений, если бы мы предположили, что эти силы или действия возникают от качеств, нам неизвестных, которые не могут быть открыты и стать явными. Такие скрытые качества останавливают преуспевание натуральной философии и поэтому отброшены за последние годы. Сказать, что каждый род вещей наделен особым скрытым качеством, при помощи которого он действует и производит явные эффекты, — значит ничего не сказать. Но вывести два или три общих начала движения из явлений и после этого изложить, каким образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных начал, — было бы очень важным шагом в философии, хотя бы причины этих начал и не были еще открыты. Поэтому я, не сомневаясь, предлагаю принципы движения, указанные выше, имеющие весьма общее значение, и оставляю причины их для дальнейшего исследования.

При помощи этих начал составлены, повидимому, все вещи из жестких, твердых частиц, указанных выше, различным образом сочетавшихся при первом творении по замыслу разумного агента. Ибо тот, кто создал их, расположил их в порядке. И если он сделал так, что не должно философии искать другое происхождение мира или полагать, что мир мог возникнуть из хаоса только по законам природы; но, будучи раз созданным, мир может существовать по этим законам многие века. Ибо, хо-

тя кометы движутся по очень эксцентрическим орбитам во всевозможных положениях, слепая судьба никогда не могла бы заставить планеты двигаться по одному и тому же направлению по концентрическим орбитам, за исключением некоторых незначительных неправильностей, которые могут происходить от взаимных действий комет и планет друг на друга, способных нарастать за время преобразования системы. Столь чудесная однородность планетной системы должна предполагать действие выбора. О том же свидетельствует однообразие в телах животных; в общем случае они имеют подобно построенные правые и левые стороны и с каждой стороны тела две ноги сзади, спереди же на плечах либо две руки, две лапы, либо два крыла, шею между плечами, переходящую вниз в спинной хребет, и голову на шее, на голове же два уха, два глаза, нос, рот и язык, сходно расположенные. Точно так же первый замысел столь искусных частей животного, как глаза, уши, мозг, мускулы, сердце, легкие, прудобрюшная преграда, железы, гортань, руки, крылья, плавательные пузыри, природные очки¹, и другие органы чувства и движения, также инстинкт животных и насекомых, — не могут быть проявлением ничего иного помимо мудрости и искусства могущественного вечного агента; пребывая всюду, он более способен своей волей двигать тела внутри своего безграничного чувствилища и благодаря этому образовывать и преобразовывать части вселенной, чем мы посредством нашей воли можем двигать части наших собственных тел. И, однако, мы не можем рассматривать мир как тело бога или отдельные части его как части бога. Он — единое существо, лишённое органов, членов или частей, и части мира — его создания, ему подчиненные и служащие его воле; он не является и душой мира, так же как человеческая душа — не душа образов вещей, приносимых через органы чувства в место чувствования, где человек замечает их благодаря их непосредственному присутствию без вмешательства какой-либо третьей вещи. Органы чувств служат не для того, чтобы дать возможность душе заметить образы вещей в чувствилище, но только для подведения этих образов к нему. Бог не нуждается в таких органах, он присутствует всегда в самых вещах. И поскольку пространство делимо *in infinitum* (до бесконечности) и материя не необходимо присутствует всюду, постольку можно допустить, что бог может создавать частицы материи различных размеров и фигур, в различных пропорциях к пространству и, может быть, различных плотностей и сил и таким образом может изменять законы природы и создавать миры

¹ Защитные прозрачные пленки перед глазами многих животных.
Прим. пер.

различных видов в различных частях вселенной. По крайней мере я не вижу никакого противоречия во всем этом.

Как в математике, так и в натуральной философии исследование трудных предметов методом анализа всегда должно предшествовать методу соединения. Такой анализ состоит в производстве опытов и наблюдений, извлечении общих заключений из них посредством индукции и недопущении иных возражений против заключений, кроме полученных из опыта или других достоверных истин. Ибо гипотезы не должны рассматриваться в экспериментальной философии. И хотя аргументация на основании опытов и наблюдений посредством индукции не является доказательством общих заключений, однако это — лучший путь аргументации, допускаемой природой вещей, и может считаться тем более сильным, чем общее индукция. Если нет исключения в явлениях, заключение может объявляться общим. Но если когда-нибудь после будет найдено исключение из опытов, то заключение должно высказываться с указанием найденных исключений. Путем такого анализа мы можем переходить от соединений к ингредиентам, от движений к силам, их производящим, и вообще от действий к их причинам, от частных причин к более общим, пока аргумент не закончится наиболее общей причиной. Таков метод анализа, синтез же предполагает причины открытыми и установленными в качестве принципов; он состоит в объяснении при помощи принципов явлений, происходящих от них, и доказательстве объяснений¹.

В двух первых книгах этой «Оптики» я пользовался таким анализом для открытия и доказательства изначальных различий лучей света в отношении к преломляемости, отражаемости и цвету, их попеременных приступов легкого отражения и легкого прохождения и свойств тел как темных, так и прозрачных, от коих зависят их отражения и цвета. Поскольку эти открытия сказаны, они могут приниматься в методе соединения для объяснения явлений, происходящих от них. Один пример этого метода я даю в конце первой книги. В этой третьей книге я только начал анализ того, что остается открыть в отношении света и его действий в мироздании; я дал намек на некоторые предметы и оставляю эти намеки для исследования и усовершенствования дальнейшими опытами и наблюдениями тем, которые имеют охоту к исследованию. Если натуральная философия, следуя этому методу, станет наконец совершенной во всех своих частях, расширятся также границы нравственной фило-

¹ Эти мысли развиты Ньютоном более подробно в «Правилах умозаключений в физике», предпосланных третьей книге «Начал». Эти правила помещаются ниже в этом сборнике. *Прим. ред.*

софии. Ибо насколько мы можем познать при помощи натуральной философии, что такое первая причина, какую силу имеет она над нами и какие благоденствия мы от нее получаем, настолько же станет ясным в свете природы наш долг по отношению к первой причине, а также друг к другу. И нет сомнения, что если бы поклонение ложным богам не затемнило язычников, их нравственная философия пошла бы далее четырех главных добродетелей и вместо учения о переселении душ, почитания солнца и луны и умерших героев они научили бы нас поклонению нашему истинному творцу и благодетелю, как это делали их предки в правление Ноя и его сыновей, до того как они развратились.

ВОПРОС 28

(Стр. 286 — 288).

Поэтому, для того, чтобы дать дорогу правильным, длительным движениям планет и комет, необходимо, чтобы небесное пространство было совершенно лишено материи, за исключением, может быть, некоторых очень тонких паров, испарений или истечений, возникающих из атмосфер земли, планет и комет и от такой необычайно разреженной эфирной среды, которую мы описали выше. Плотная жидкость бесполезна для объяснения явлений природы, — движения планет и комет лучше объясняются без нее. Она служила бы только для возмущения и замедления движений этих больших тел и ослабления мироздания. В порах тел она служила бы только для остановки колебательных движений частей тел, в которых состоит их тепло и активность. И поскольку она бесполезна и мешает действиям природы, делая их слабыми, постольку нет доказательств ее существования, и поэтому она должна быть отброшена. Если же ее отбросить, то и гипотезы о том, что свет состоит в давлении или движении, распространяющемся через такую среду, отпадают вместе с нею.

За то, чтобы отбросить такую среду, мы имеем авторитет тех древнейших и наиболее знаменитых философов Греции и Финикии, которые приняли Vacuum (пустоту), и атомы, и тяготение атомов как первые принципы своей философии, притисывая молчаливо тяжесть некоторой иной причине, а не плотной материи. Позднейшие философы изгнали воззрение о такой причине из натуральной философии, измышляя гипотезы для механического объяснения всех вещей и относя другие причины в метафизику. Между тем главная обязанность натуральной философии — делать заключения из явлений, не измышляя гипотез, и выводить причины из действий до тех пор, пока мы не придем к самой первой причине, конечно, не механической, и не

только раскрывать механизм мира, но главным образом разрешать следующие и подобные вопросы. Что находится в местах, почти лишенных материи, и почему солнце и планеты тяготеют друг к другу, хотя между ними нет плотной материи? Почему природа не делает ничего понапрасну и откуда происходят весь порядок и красота, которые мы видим в мире? Для какой цели существуют кометы и почему все планеты движутся в одном и том же направлении по концентрическим орбитам, в то время как кометы движутся по всевозможным направлениям по очень эксцентрическим орбитам, и что мешает падению неподвижных звезд одной на другую? Каким образом тела животных устроены с таким искусством и для какой цели служат их различные части? Был ли построен глаз без понимания оптики, а ухо без знания акустики? Каким образом движения тел следуют воле и откуда инстинкт у животных? Не там ли чувствительные животные, где находится чувствительная субстанция, к которой через нервы и мозг подводятся осязаемые образы предметов так, что они могут быть замечены вследствие непосредственной близости к этой субстанции? И если эти вещи столь правильно устроены, не становится ли ясным из явлений, что есть бестелесное существо, живое, разумное, всемогущее, которое в бесконечном пространстве, как бы в своем чувствительном, видит все вещи вблизи, пронзает их насквозь и понимает их вполне, благодаря их непосредственной близости к нему? Только образы этих вещей приносятся через органы чувств в наши малые чувствительные и замечаются и удерживаются в них тем, что в нас видит и мыслит. И хотя всякий верный шаг на пути этой философии не приводит нас непосредственно к познанию первой причины, однако он приближает нас к ней и поэтому должен высоко цениться.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРАЛЬНОЙ
ФИЛОСОФИИ¹

(См. примечания к этой работе во второй теме, п.).

Книга третья.

О СИСТЕМЕ МИРА

В предыдущих книгах я изложил начала философии не столько чисто философские, поскольку математические, однако такие, что на них могут быть обоснованы рассуждения о вопросах физических. Таковы законы и условия движений и сил, имеющие прямое отношение к физике. Чтобы они не казались бесплодными, я пояснил их некоторыми физическими поучениями, рассматривая те общие вопросы, на которых физика главным образом основывается, как то: о плотности и сопротивлении тел, о пространствах, свободных от каких-либо тел, о движениях света и звука. Остается изложить, исходя из тех же начал, учение о строении системы мира. Я составил сперва об этом предмете третью книгу, придерживавшись популярного изложения, так чтобы она читалась многими. Но затем, чтобы те, кто недостаточно поняв начальные положения, а потому совершенно не уяснив и силы их следствий и не отбросив привычных им в продолжение многих лет предрассудков, не вовлекли бы дело в пререкания, я предложил сущность этой книги в ряд предложений, по математическому обычаю, так чтобы они читались лишь теми, кто сперва овладел началами. Ввиду же того, что в началах предложений весьма много и даже читателю, знающему математику, потребовалось бы слишком много времени, я вовсе не на-

¹ Ньютон, «Начала». Изв. Ник. морск. акад., вып. V, стр. 446—451.

станваю, чтобы он овладел ими всеми. Достаточно, если кто тщательно прочтет определения, законы движения и первые три отдела первой книги и затем перейдет к этой третьей книге о системе мира; из прочих же предложений предыдущих книг, если того пожелает, будет справляться в тех, на которые есть ссылки.

ПРАВИЛА УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ В ФИЗИКЕ¹

Правило I.

Не должно принимать в природе иных причин сверх тех которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

По этому поводу философы утверждают, что природа ничего не делает напрасно, а было бы напрасным совершать многим то, что может быть сделано меньшим. Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

¹ Заглавие в подлиннике есть: *Regulae philosophandi*, т. е. «Правила философствования». Уже не раз приходилось обращать внимание на тогдашнюю терминологию, удержавшуюся в английском языке и по теперешнее время. По этой терминологии натуральной философией называлась наука о природе вообще, в частности физика, а под словом *physics* разумеется медицина.

В те времена была гораздо более тесная связь между «философией» и «физикой» в теперешнем смысле этих слов. Так, Маклорен свой «Отчет о философских открытиях Ньютона» начинает словами: «Описывать явления природы, объяснять их причины, намечать соотношения и связи между этими причинами и исследовать все устройство вселенной есть задача натуральной философии»... «Но натуральная философия подчинена и высшего рода целям и должна главным образом цениться потому, что она полагает надежное основание естественной религии и нравственной философии, приводя удовлетворительным образом к познанию творца и вездержителя вселенной».

Философские системы, в особенности декартова, тогда еще прочно царили над учением о природе и мироздании. Ньютоново воззрение, что при изучении природы надо от наблюдаемых явлений восходить к установлению причин, коими они объясняются, шло вразрез с декартовым учением, согласно которому надо пронизательностью ума вперед установить первопричины и из них вывести следствия.

С другой стороны, философия близко примыкала к религии и богословию; связь эта бывала не только свободной, но и насильственной, чему примером может служить следующее «заявление о. о. Лессера и Жакье», предпосланное третьему тому их издания ньютоновых «Начал» 1760 г. «Ньютон в этой третьей книге принимает гипотезу о движении земли. Предложения автора не могут быть объяснены иначе как на основании сделанной гипотезы. Таким образом мы вынуждены выступить от чужого имени. Сами же мы открыто заявляем, что мы следуем постановлениям, изданным верховными первосвященниками против движения земли». Это заявление не помешало, однако, ученым о. о. иезуитам к 140 страницам, составляющим третью книгу «Начал» Ньютона, добавить в своем издании 540 страниц толкований, из которых видно, что движение земли «для ли рассматривалось ими как гипотеза, отринутая постановлениями Римских пап и уже по одному этому неверная». Прим. А. Н. Крылова.

Правило II

Поэтому, поскольку возможно, должно приписывать те же причины того же рода проявлениям природы.

Так, например, дыханию людей и животных, падению камней в Европе и в Америке, свету кухонного очага и солнца, отражению света на земле и на планетах.

Правило III

Такие свойства тел, которые не могут быть ни усиляемы, ни ослабляемы и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще.

Свойства тел постигаются не иначе как испытаниями; следовательно, за общие свойства надо принимать те, которые постоянно при опытах обнаруживаются и которые, как не подлежащие уменьшению, устранены быть не могут. Понятно, что в противность ряду опытов не следует измышлять наизобретение каких-либо бредов, не следует также уклоняться от сходственности в природе, ибо природа всегда проста и всегда сама с собой согласна.

Протяженность тел распознается не иначе как нашими чувствами, тела же не все чувствам доступны, но так как это свойство присуще всем телам, доступным чувствам, то оно и приписывается всем телам вообще. Опыт показывает, что многие тела тверды. Но твердость целого происходит от твердости частей его, поэтому мы по справедливости заключаем, что не только у тех тел, которые нашим чувствам представляются твердыми, но и у всех других неделимые частицы тверды. О том, что все тела непроницаемы, мы заключаем не по отвлеченному рассуждению, а по свидетельству чувств. Все тела, с которыми мы имеем дело, оказываются непроницаемыми; отсюда мы заключаем, что непроницаемость есть общее свойство всех тел вообще. О том, что все тела подвижны и вследствие некоторых сил (которые мы называем силами инерции) продолжают сохранять свое движение или покой, мы заключаем по этим свойствам тех тел, которые мы видим. Протяженность, твердость, непроницаемость, подвижность и инертность целого происходят от протяженности, твердости, непроницаемости, подвижности и инертности частей; отсюда мы заключаем, что все малейшие частицы всех тел протяженны, тверды, непроницаемы, подвижны и обладают инерцией. Таково основание всей физики. Далее мы знаем по совершающимся явлениям, что делимые, но смежные части тел, могут быть разлучены друг от друга; из математики же следует, что в нераздельных частицах могут быть мысленно

различаемы еще меньшие части. Однако неизвестно, могут ли эти различные частицы, до сих пор не разделенные, быть разделены и разлучены друг от друга силами природы. Но если бы, хотя бы единственным опытом, было установлено, что некоторая неделимая частица при разломе твердого и крепкого тела подвергается делению, то в силу этого правила мы бы заключили, что не только делимые части разлучаемы, но что и неделимые могут быть делимы до бесконечности и действительно разлучены друг от друга.

Наконец, так как опытами и астрономическими наблюдениями устанавливается, что все тела по соседству с землей тяготеют к земле и притом пропорционально количеству материи каждого из них; как луна тяготеет к земле пропорционально своей массе, и взаимно наши моря тяготеют к луне, все планеты тяготеют друг к другу, подобно этому и тяготение комет к солнцу. На основании этого правила надо утверждать, что все тела тяготеют друг к другу. Всеобщее тяготение подтверждается явлениями даже сильнее, нежели непроницаемость тел, для которой по отношению к телам небесным мы не имеем никакого опыта и никакого наблюдения. Однако я отнюдь не утверждаю, что тяготение существенно для тел. Под врожденной силой я разумею единственно только силу инерции. Она неизменна. Тяжесть при удалении от земли уменьшается.

Правило IV

В опытной физике предложения, выведенные из совершающихся явлений помощью наведения, несмотря на возможность противных им предположений, должны быть почитаемы за верные или в точности или приближенно, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточнятся или же окажутся подтвержденными исключениям.

Так должно поступать, чтобы доводы наведения не уничтожались предположениями.

ОБЩЕЕ ПОУЧЕНИЕ

Гипотеза вихрей подавляется многими трудностями. Чтобы планета могла описывать радиусом, проведенным к солнцу, площади, пропорциональные времени, надо, чтобы времена обращений частей вихря были пропорциональны квадратам расстояний их до солнца. Чтобы времена обращений планет находились в полукубическом отношении их расстояний до солнца, и времена обращений частей вихря должны находиться в полукубическом же отношении их расстояний до солнца. Чтобы

¹ Idem, стр. 588—592.

меньшие вихри вокруг Сатурна, Юпитера и других планет могли сохранять свое обращение и спокойно плавать в вихре солнца, времена обращения частей солнечного вихря должны быть между собой равны. Вращение солнца и планет вокруг своих осей, которое должно бы согласоваться с движениями вихрей, совершенно не согласуется с этими пропорциями. Движения комет вполне правильны и следуют тем же законам, как и движения планет, и не могут быть объяснены вихрями. Кометы переносятся по весьма эксцентрическим орбитам во всех областях неба, чего быть не может, если только вихрей не уничтожить.

Тела, брошенные в нашем воздухе, испытывают единственно только сопротивление воздуха. Когда воздух удален, как, например, в *Бойлевой* пустоте, сопротивление прекращается, так что нежнейшее перышко и кусочек золота падают в этой пустоте с одинаковой скоростью. Таковы же условия и в небесных пространствах, которые находятся над земной атмосферой. Все тела в этих пространствах должны двигаться совершенно свободно, поэтому планеты и кометы непрерывно обращаются, следуя изложенным выше законам, по орбитам постоянного рода и положения. По законам тяготения они продолжают оставаться на своих орбитах, но получить первоначального расположения орбит лишь по этим законам они совершенно не могли.

Шесть главных планет обращается вокруг солнца приблизительно по кругам, концентрическим с солнцем, по тому же направлению и приблизительно в той же самой плоскости. Десять лун обращается вокруг земли, Юпитера и Сатурна по концентрическим кругам по одному направлению и приблизительно в плоскости орбит самих планет. Все эти правильные движения не имеют своим началом механических причин, ибо кометы носятся во всех областях неба по весьма эксцентрическим орбитам. Вследствие движения такого рода кометы проходят через орбиты планет весьма быстро и легко, в своих же афелиях, где они движутся медленнее и остаются дольше, они весьма далеко отстоят друг от друга и весьма мало притягивают друг друга.

Такое изящнейшее соединение солнца, планет и комет не могло произойти иначе как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа. Если и неподвижные звезды представляют центры подобных же систем, то все они, будучи построены по одинаковому намерению, подчинены и власти *Единого*; в особенности приняв в соображение, что свет неподвижных звезд той же природы, как и свет солнца, и все системы испускают свет друг на друга, а чтобы системы неподвижных звезд от своего тяготения не падали друг на друга, он их расположил в таких огромных одна от другой расстояниях.

Сей управляет всем не как душа мира, а как властитель вселенной, и по господству своему должен именоваться господь бог вседержитель (Пантократор)¹.

Ибо бог есть слово относительное и относится к рабам; божественность есть господство бога не над самим собой, как думают полагающие, что бог есть душа мира, но над рабами. Бог величайший есть существо вечное, бесконечное, вполне совершенное, но существо сколь угодно совершенное без господства не есть господь бог. Так мы говорим: бог мой, бог ваш, бог *Израиля*, бог богов и господь господствующих, но мы не говорим: мой вечный, ваш вечный, вечный *Израиля*, вечный богов, не говорим бесконечный мой или совершенный мой, — такие наименования не имеют отношения к рабам. Слово бог обыкновенно означает властитель², но не всякий властитель есть бог. Господство духовного существа составляет сущность божества, истинное — истинного, высшее — высшего, мнимое — мнимого. Из истинного господства следует, что истинный бог есть живой, премудрый и всемогущий, в остальных совершенствах он высший, иначе всесовершеннейший. Он вечен и бесконечен, всемогущ и всеведущ, т. е. существует из вечности в вечность и пребывает из бесконечности в бесконечность, всем управляет и все знает, что было и что может быть. Он не есть вечность или бесконечность, но он вечен и бесконечен, он не есть продолжительность или пространство, но продолжает быть и всюду пребывает. Он продолжает быть всегда и присутствует всюду, всегда и везде существуя; он установил пространство и продолжительность. Так как любая частица пространства существует *всегда* и любое неделимое мгновение длительности существует *везде*, то несомненно, что творец и властитель всех вещей не пребывает *где-либо* и *когда-либо* (а *всегда* и *везде*). Всякая душа, обладающая чувствами, в разное время при разных органах чувств и движений составляет то же самое неделимое лицо. В длительности находятся последовательные части, существующие совместно в пространстве, но нет ни тех ни других в личности человека, т. е. в его мыслящем начале и тем менее в мыслящей сущности бога. Всякий человек, поскольку он есть предмет чувствующий, есть единый и тот же самый человек в продолжение своей жизни, во всех своих отдельных органах чувств. Бог есть единый и тот же самый бог *всегда* и *везде*. Он *вездесущ* не по свойству только,

¹ Что означает повелитель вселенной. Прим. авт.

² Покок производит латинское слово deus (бог) от тарабского du (в родительном падеже di), означающего господин. В этом смысле князья называются dii (псал. 84, 6, Ион. X, 45) и Моисей называется «deus» брата Аарона и deus Фараона (Исх. IV, 16 и VII, 1). В этом же смысле души умерших князей прежде язычниками именовались богами, но ложно, ибо они не обладали господством. Прим. авт.

но по самой сущности, ибо свойство не может существовать без сущности. В нем все содержится и все вообще движется, но без действия друг на друга¹. Бог не испытывает воздействия от движущихся тел, движущиеся тела не испытывают сопротивления от вездесущия божия. Признано, что необходимо существование высшего божества, поэтому необходимо, чтобы он был *везде* и *всегда*. Поэтому он весь себе подобен, весь глаз, весь ухо, весь мозг, весь рука, весь сила чувствования, разумения и действия, но по способу совершенно нечеловеческому, совершенно нетелесному, по способу для нас совершенно неведомому. Подобно тому как слепец не имеет представления о цветах, так и мы не имеем представления о тех способах, коими всеумудрейший бог все чувствует и все постигает. Он совершенно не обладает телом и телесным видом, поэтому его нельзя ни видеть, ни слышать, ни ощущать, вообще его не должно почитать под видом какой-либо телесной вещи. Мы имеем представление о его свойствах, но какого рода его сущность, совершенно не знаем. Мы видим лишь образы и цвета тел, слышим лишь звуки, ощущаем лишь наружные поверхности, чуем лишь запахи и чувствуем вкусы, внутреннюю же сущность никаким чувством, никаким действием мысли не постигаем; тем меньшее можем мы иметь представление о сущности бога. Мы познаем его лишь по его качествам и свойствам и по премудрейшему и превосходнейшему строению вещей и по конечным причинам и восхищаемся по совершенству всего, почитаем же и поклоняемся по господству. Ибо мы поклоняемся ему, как рабы, и бог без господства, провидения и конечных причин был бы не чем иным как судьбой и природой. От слепой необходимости природы, которая повсюду и всегда одна и та же, не может происходить изменения вещей. Всякое разнообразие вещей, сотворенных по месту и времени, может происходить лишь от мысли и воли существа, необходимо существующего. Иносказательно лишь говорится, что бог видит, слышит, говорит, смеется, любит, ненавидит, желает, дает, принимает, радуется, гневается, борется, изготавливает, созидает, строит, ибо всякая речь о боге складывается по подобию дел человеческих, конечно не совершенному, а лишь частному.

¹ Такого мнения придерживались даже древние. Так, Пифагор (*Cicero. De Natura Deorum lib. I*) Фалес, Анаксегор (*Virgilius, Georg. I, IV. 220 et Aeneid. lib. VI, 721*); Фило Аллег. *lib. I* в начале; *Aratus. Phoen. в начале*. Также и свящ. писание, *деян. XVII, 27, 28*; *Иом. XIV, 2*. Втор. *IV, 39*; *X, IV*. Псал. *CXXXIX, 7, 8, 9*; Цар. *1-я, VIII, 27*; *Иова XII, 12, 13, 14*; *Иеремия XXIII, 23, 24*. Идолопоклонники измышляли, что солнце, луна, звезды, души людей и другие части мира суть части высшего божества, почему им следовало поклоняться, но сие ложно. *Прим. авт.*

Вот что можно сказать о божестве, рассуждение о котором на основании совершающихся явлений, конечно, относится к предмету натуральной философии.

До сих пор я изъяснял небесные явления и прилизы наших морей на основании силы тяготения, но я не указывал причины самого тяготения. Эта сила происходит от некоторой причины, которая проникает до центра солнца и планет без уменьшения своей способности и которая действует не пропорционально величине поверхности частиц, на которые она действует (как это обыкновенно имеет место для механических причин), но пропорционально количеству твердого вещества; действие которой распространяется повсюду на огромные расстояния, убывая пропорционально квадратам расстояний. Тяготение к солнцу составляется из тяготения к отдельным частицам его, и при удалении от солнца убывает в точности пропорционально квадратам расстояний даже до орбиты Сатурна, что следует из покоя афелиев планет и даже до крайних афелиев комет, если только эти афелии находятся в покое. Причину же этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю. Все же, что не выводится из явлений, должно называться *гипотезой*, гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии.

В такой философии предложения выводятся из явлений и обобщаются помощью наведения. Так были изучены непроницаемость, подвижность и напор тел, законы движения и тяготения. Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря.

Теперь следовало бы кое-что добавить о некотором тончайшем эфире, проникающем все сплошные тела и в них содержащемся, коего силой и действиями частицы тел при весьма малых расстояниях взаимно притягиваются, а при соприкосновении сцепляются, наэлектризованные тела действуют на большие расстояния, как отталкивая, так и притягивая близкие малые тела, свет испускается, отражается, преломляется, уклоняется и нагревает тела, возбуждается всякое чувствование, заставляющее члены животных двигаться по желанию, передаваясь именно колебаниям этого эфира от внешних органов чувств мозгу и от мозга мускулам. Но это не может быть изложено вкратце, к тому же нет и достаточного запаса опытов, коими законы действия этого эфира были бы точно определены и показаны.

БОЙЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ БЕНТЛИ И ЕГО ПЕРЕПИСКА С НЬУТОНОМ.

Роберт Бойль, умерший в 1692 г., назначил в своем завещании сумму в 50 фунтов стерлингов на организацию лекций, которые ежегодно должны были читаться в одной из церквей Англии. В этих лекциях-проповедях должны были излагаться доводы в пользу непопровержимости христианства и должно было опровергаться неверие.

Первым лектором был избран Бентли, капеллан епископа Ворчестерского. Основной темой своих лекций Бентли избрал «Опровержение атеизма». Атеизм и материализм в эту эпоху в Англии пользуются значительным распространением и вызывают тревогу и духовенства и правящих классов. Биограф Бентли, Монк, так описывает распространение материалистических учений:

«Необходимо отметить, что доктрины Спинозы и Гоббса достигли в тот век значительного развития среди высших классов общества и были особенно опасны благодаря коварству, которым они подрывали всякую веру в естественную религию и религию откровения. Оба эти автора открыто заявляли о признании ими существования бога; но, отрицая божественное провидение в управлении миром и изображая жизнь вселенной как результат необходимости, они вели своих учеников в глубочайшие бездны атеизма. Метафизическая изощренность их рассуждений, принятый ими спокойный и философский тон исследования и внешняя новизна их догматов — все это привело к свращению легкомысленных. Положения Гоббса талантливо оспаривались Кудвортом в его «Рациональной системе» (Intellectual System) и Кэмберландом в его книге «О законах природы» (De legibus Naturae), но эти труды не были достаточно популярными, чтобы противостоять злу, которое распространилось настолько, что вызвало серьезные опасения...

Он (Бентли) был проникнут необходимостью свержения системы Гоббса, который были полны «трактиры, чайные, Вестминстер и даже церкви». Он был убежден по личным наблюдениям, что «ни один из

ста неверных англичан не был ничем иным как приверженцем Гоббса» и что все они хорошо знали, что его теория материального бога была предлогом для избежания кары закона или, пользуясь выражением Бентли, «простым предлогом для того, чтобы напечатать свою книгу»¹, так как в те времена, повидимому, религия не могла безнаказанно подвергаться открытым нападкам и оскорблениям...

Писатели-атеисты распространяли теории, в которых создание мира из хаоса и последующее существование нашей системы объяснялось так называемыми «естественными причинами». Многочисленны были подобные построения, исключавшие непосредственное участие божественной воли, но таков факт, что все они противоречили законам природы, на которую они, якобы, опирались в неменьшей степени, чем положения эпикурейской гипотезы об атомах, спускающихся вниз в бесконечном пространстве благодаря врожденной силе тяготения, стремящейся не к другой материи, а к пустоте. Ошибочная, но господствующая система Декарта, коотрый предполагал, что планеты движутся вокруг солнца силой вихря, оказывала слишком большую поддержку атеистическим мыслителям, чтобы не быть ими использованной».

Соглашаясь с Локком в том, что понятие о божестве не является врожденным, Бентли ищет доказательства существования божества в проявлениях человеческой мысли, в организации живой природы и в строении вселенной. Выведению доказательства существования божества из устройства вселенной Бентли решил посвятить седьмую и восьмую лекции, причем основной материал для доказательств он решил заимствовать из рассмотрения физических принципов строения мира, как они даны в «Началах» Ньютона. Чтобы подготовиться к выполнению этой задачи, он обратился к самому Ньютону, от которого получил список книг, необходимых для ознакомления с вопросом.

Подготавливая свои лекции к печати, Бентли встретился с рядом затруднений, за разъяснением которых он обратился к Ньютону.

Ньютон весьма внимательно отнесся к вопросам Бентли и изложил свои соображения о доказательствах существования божества в приводимых ниже четырех письмах.



¹ Письмо к доктору Бернард от 28 мая Museum Criticum, т. II, стр. 557. Прим. ред.

ИСААК НЬЮТОН

ЧЕТЫРЕ ПИСЬМА СЭРА

ИСААКА

НЬЮТОНА ДОКТОРУ
БЕНТЛИ, СОДЕРЖАЩИЕ НЕСКОЛЬКО ДОКАЗА-
ТЕЛЬСТВ В ПОЛЬЗУ СУЩЕСТВОВАНИЯ БОЖЕСТВА

1692 — 1693

FOUR LETTERS FROM ISAAC NEWTON TO DOCTOR
BENTLEY; CONTAINING SOME ARGUMENTS IN PROOF
OF A DEITY

Одним из основных затруднений Бентли было опровержение аргументации Лукреция, который доказывал, что материя, обладающая силой тяготения и равномерно распределенная в пространстве, может без всякого вмешательства божества образовать мир, подобный нашему.

Письмо первое

НЬЮТОН — БЕНТЛИ

Когда я писал свой «Трактат» о системе (мира), я все время имел в виду такие соображения, которые для рассудительных людей могут лужить для укрепления веры в божество, и ничто не может доставить мне большего удовольствия, чем сознание полезности моего сочинения для этой цели. Но если я таким

¹ Перевод с английского сделан по изданию Ньютона Horsleg, London, 1782 г., т. IV, стр. 427—443. В этом издании порядок писем спутан и письма 3-е и 4-е переименованы местами. В настоящем сборнике эта ошибка исправлена. *Прим. ред.*

образом и оказал людям услугу, то единственно лишь благодаря трудолюбию и усердной работе мысли.

Что касается вашего первого вопроса, то мне кажется, что если бы материя нашего солнца и планет и вся материя, содержащаяся во вселенной, была равномерно распределена по всему небу и если бы каждая частица имела врожденное тяготение ко всей остальной материи, а пространство, в котором эта материя была распределена, было бы конечным, то вся материя, содержащаяся у наружного края этого пространства, вследствие своей тяжести стремилась бы соединиться со всей материей, находящейся внутри, и, следовательно, падала бы в середину всего пространства, где и образовала бы одну большую сферическую массу. Но если бы материя была равномерно распределена по бесконечному пространству, то она никогда бы не собралась в виде одной массы, но часть ее собралась бы в одну массу, часть — в другую, так что образовалось бы бесконечно большое число больших масс, разбросанных на больших расстояниях друг от друга по всему бесконечному пространству. Таким именно образом могло бы произойти образование солада и неподвижных звезд, если предположить, что материя была светящейся по природе. Но каким образом могло бы произойти разделение материи на два рода и почему та часть ее, которая способна образовать светящееся тело, должна соединиться в одну массу и образовать солнце, а остальная часть, которая пригодна для образования темного тела, должна объединиться не в одно большое тело, как светящаяся материя, но в несколько небольших; или, если солнце было вначале темным телом, подобно планетам, или планеты светящимися телами, подобно солнцу, то каким образом одно лишь солнце могло превратиться в светящееся тело, в то время, как все другие продолжали оставаться темными, или каким образом все планеты были превращены в темные тела, между тем как солнце осталось неизменным. Все это я не считаю объяснением одними лишь естественными причинами, но принужден приписать это решению и предначертанию некоей первоначальной воли.

Та же сила, естественная или сверхъестественная, которая поместила солнце в середине шести первичных планет, расположила Сатурн в центре орбит его пяти вторичных планет, Юпитер — в центре его четырех вторичных планет, а землю — в середине лунной орбиты, и, следовательно, действуй здесь какая-либо слепая причина, без умысла или предначертания, то солнце оказалось бы телом того же характера, как Сатурн, Юпитер и земля, т. е. телом, лишенным света или тепла. Почему в нашей системе имеется одно тело, способное снабжать светом и теплом все остальные? Я не знаю для этого другой причины,

кроме лишь того, что так было угодно создателю этой системы; и почему имеется лишь одно тело этого рода, не знаю другой причины, кроме разве того, что одного тела было достаточно для согревания и освещения всех остальных. Ибо гипотеза картезианцев о потере солнцами своего света и последующем превращении их в кометы, а из комет в планеты, не может найти себе места в моей системе и явно ошибочна, так как несомненно, что всякий раз, когда кометы появляются у нас, они проникают в систему наших планет, заходя за орбиту Юпитера, а иногда и за орбиты Венеры и Меркурия, но никогда здесь не остаются, а всегда уходят от солнца теми же стадиями движения, как и при приближении к нему.

На ваш второй вопрос отвечаю, что движения, которыми теперь обладают планеты, не могли бы возникнуть только вследствие какой-либо естественной причины, но были сообщены им каким-то разумным агентом. Ибо, если принять во внимание, что кометы заходят в область наших планет и движутся в ней по всевозможным путям, иногда в одном направлении с планетами, иногда в обратном, а иногда и в поперечном направлении, будучи при этом, как и планеты, наклонены к плоскости эклиптики, но под всевозможными углами, — то ясно, что нет такой естественной причины, которая могла бы заставить все планеты, как первичные, так и вторичные, двигаться в одном направлении и в одной плоскости без сколько-нибудь значительного отступления, и потому это должно было явиться следствием предначертанного решения. Равным образом нет такой естественной причины, которая могла бы сообщить планетам, в соответствии с их расстояниями от солнца или других центральных тел, как раз такие степени скорости, которые требовались для того, чтобы заставить их двигаться по концентрическим орбитам вокруг этих тел. Если бы планеты обладали скоростью комет пропорционально их расстояниям от солнца, как это было бы, если бы их движение было вызвано их тяготением, вследствие которого материя при первоначальном образовании планет, возможно, падала из самых отдаленных областей по направлению к солнцу), то движение планет совершалось бы не по концентрическим, но по эксцентрическим орбитам, подобным тем, по которым происходит движение комет. Если бы все планеты двигались так быстро, как Меркурий, или так медленно, как Сатурн и его спутники, или если бы их различные скорости вообще были значительно больше или меньше своих теперешних величин (как это могло бы быть, если бы они возникли от какой-либо другой причины, нежели присутствующих им сил тяготения), или если бы их расстояния от центров, вокруг которых они движутся, при тех же скоростях были больше или меньше

их действительных величин, или если бы количество материи солнца или Сатурна, Юпитера и земли, а следовательно, и их сила тяготения была больше или меньше своей величины, — то первичные планеты не могли бы обращаться вокруг солнца, а вторичные — вокруг Сатурна, Юпитера и земли по концентрическим окружностям, как это имеет место, а вращались бы по гиперболам или параболам или же по очень вытянутым эллипсам. Для создания нашей системы со всеми ее видами движений потребна была, следовательно, причина, которая учитывала и сравнивала между собой количества материи, заключающиеся в различных телах солнца и планет, а также возникающие вследствие этого силы тяготения, — далее, принимала во внимание различные расстояния первичных планет от солнца и вторичных от Сатурна, Юпитера и земли, а также скорости, с которыми эти планеты могли бы вращаться вокруг количества материи, заключающихся в центральных телах, и эта необходимость сравнивать и согласовывать между собой все названные обстоятельства при столь большом разнообразии тел доказывает, что упомянутая причина должна быть не слепой и случайной, но чрезвычайно сведущей в механике и геометрии.

На ваш третий вопрос отвечаю следующее. Можно себе представить, что, нагревая сильнее всего те планеты, которые к нему всего ближе, солнце может способствовать их лучшему сгущению и вызываемому этим сгущением большому уплотнению. Но когда я принимаю во внимание, что наша земля в своих недрах под верхней корой нагревается происходящими в минеральных тела подземными брожениями гораздо более, чем солнцем, то я не вижу, почему бы внутренние части Юпитера и Сатурна не имели возможности теплеть, сгущаться и уплотняться вследствие действия этих брожений совершенно так же, как это происходит с нашей землей, и, следовательно, это различие в плотности должно было бы иметь какую-либо другую причину, чем различие расстояний планет от солнца. Это мое мнение находит себе подтверждение в том соображении, что планеты Юпитер и Сатурн, будучи на большем расстоянии друг от друга, чем остальные планеты, в то же время гораздо больше их и содержат гораздо большее количество материи, а также обладают большим числом спутников. Конечно, эти особенности их не явились следствием их расположения на таком большом расстоянии от солнца, а скорее были причиной, почему создатель поместил их на большем расстоянии. Ибо своими силами тяготения каждое из этих тел вносит в движение другого весьма заметные возмущения, как я вижу из некоторых недавних наблюдений м-ра Флемстида, и будь они помещены гораздо ближе к солнцу и друг к другу, то вследствие этих же самых сил тяго-

тения они бы вызвали значительные возмущения во всей системе.

На ваш четвертый вопрос отвечаю, что с точки зрения гипотезы вихрей наклонение земной оси, по моему мнению, может быть приписано положению земного вихря до поглощения его соседними вихрями и до того, как земля из солнца превратилась в комету. Но это наклонение должно было бы постоянно уменьшаться сообразно с движением земного вихря, ось которого наклонена к эклиптике в гораздо меньшей степени, как это явствует из движения увлекаемой этим вихрем луны. Если солнце своими лучами и могло бы приводить в движение планеты, то я все-таки не усматриваю, как бы оно могло таким же образом вызвать их суточные движения.

Наконец и в отношении наклона земной оси я не могу усмотреть чего-то насильно протянутого для доказательства существования божества, если только вы не хотите во что бы то ни стало рассматривать его как простое приспособление для существования зимы и лета и для того чтобы сделать землю обитаемой по направлению к полюсам. Что же касается суточных вращений солнца и планет, которые едва ли могли бы возникнуть вследствие чисто механической причины, то тем, что они установлены таким же порядком, как и годовые и месячные движения, они как бы завершают гармонию системы, которая, как я показывал выше, является скорее следствием умысла, чем случая.

Имеется еще другой довод в пользу существования божества, который мне представляется очень серьезным, но до тех пор пока принципы, на которых он покоится, не встретят лучшего приема, я считаю более благоразумным его не касаться.

Остаюсь и т. д.

Кембридж

10 декабря 1692 г.

Письмо второе

НЬЮТОН — БЕНТЛИ

Я согласен с вами, что если материя, равномерно рассеянная в конечном несферическом пространстве, будет собираться в одну сплошную массу, то эта масса примет форму всего пространства, если только она не столь податлива, как в прежнем неупорядоченном состоянии, но с самого начала является настолько твердой и плотной, что вес ее выступающих частей не может заставить эту массу поддаваться под действием их давления.

Однако под влиянием землетрясений, разъединяющих между собой части такого твердого тела, названные выступающие части могут иногда немного опуститься под действием своего веса и таким образом вся масса может постепенно приблизиться к сферической форме.

Причину, почему материя, равномерно рассеянная в конечном пространстве, собралась бы в середине его, вы усматриваете в том же, в чем и я, но предположить, что при этом нашлась бы центральная частица, расположенная столь точно посередине, что она всегда притягивается с одинаковой силой во все стороны и таким образом остается в этом положении без движения, — мне кажется столь же трудным, как заставить острейшую иглу стоять вертикально на поверхности зеркала на своем острие. Ибо если точный математический центр центральной частицы не будет находиться точно в самом математическом центре силы притяжения всей массы, то частица эта не будет притягиваться с одинаковой силой во все стороны. Еще труднее предположить, что все частицы в бесконечном пространстве окажутся столь точно уравновешенными между собой, чтобы сохранять неподвижность в состоянии совершенного равновесия. Ибо я считаю, что это так же трудно, как заставить стоять точно уравновешенной на своем острие не одну только иглу, а бесконечное число их (столько, сколько имеется частиц в бесконечном пространстве). Однако я допускаю, что этого все же можно достигнуть, по крайней мере, путем вмешательства божественной силы, и если бы они однажды были так установлены, то я согласен с вами, что они навсегда оставались бы в этом положении без движения, разве что та же сила привела бы их в новое движение. Когда поэтому я говорил, что материя, равномерно рассеянная по всему пространству, соберется под действием своей силы тяготения в одну или несколько больших масс, то я имел в виду материю, не остающуюся в состоянии точного уравновешивания.

Но вы пишете в следующем параграфе своего письма, что в бесконечном пространстве каждая частица материи окружена со всех сторон бесконечным количеством материи и, следовательно, будет испытывать бесконечное притяжение в каждом направлении, а поэтому должна остаться в равновесии, так как все бесконечные величины между собою равны. Вы, однако, чувствуете паралогизм¹ в таком доводе и, как мне кажется, паралогизм этот заключается в утверждении, что все бесконечные количества между собою равны. Большинство людей рассматривает бесконечные величины только весьма неопределенным об-

¹ Ложное заключение. Прим. ред.

разом и в этом смысле говорят, что все бесконечные величины равны между собой, хотя более правильно было бы сказать, что величины эти ни равны, ни неравны, а также не имеют какой-либо определенной разницы или определенного отношения между собой. В этом смысле, следовательно, ими нельзя пользоваться для заключений относительно равенства, отношений или разностей между вещами, и те, кто пытается это сделать, обычно впадают в паралогизмы. Так, например, бывает, когда возражают против бесконечной делимости величины, говоря, что если дюйм может быть разделен на бесконечное число частей, то сумма этих частей составит дюйм, и если фут может быть разделен на бесконечное число частей, то сумма этих частей должна равняться футу, и, следовательно, так как все бесконечные величины равны, то эти суммы должны быть равны, т. е. дюйм равен футу. Ложность этого заключения указывает на ошибку в посылках, и ошибка эта состоит именно в положении, что все бесконечные величины равны между собой. Имеется поэтому применяемый математиками другой способ рассматривания бесконечных величин при некоторых определенных оговорках и ограничениях, причем допускается, что бесконечные величины имеют определенные разности или отношения между собой. Таким именно образом рассматривает их доктор Валлис в своей *Arithmetica infinitorum*, где из различных отношений между бесконечными суммами он выводит различные отношения между конечными величинами. Такой способ рассуждения вообще допускается математиками, но он все же оказался бы непригодным, если бы все бесконечные величины были равны. Согласно этому же способу рассмотрения бесконечных величин математик сказал бы вам, что хотя в дюйме и имеется бесконечно много бесконечно малых частей, но в футе таких частей имеется в двенадцать раз больше, т. е. что бесконечное число таких частей в футе не равно бесконечному числу их в одном дюйме, а в двенадцать раз больше его. И точно так же математик скажет вам, что если бы тело находилось в равновесии между какими-либо двумя равными и противоположными бесконечными притягивающими силами и если к одной из этих сил вы прибавляете какую-нибудь новую конечную силу притяжения, то эта новая сила, как бы мала она ни была, нарушит равновесие тела и приведет его в такое же движение, в которое она привела бы его, если бы обе противоположные равные силы были конечны или даже вообще не существовали. Так что в этом случае, при нашем способе исчисления, обе равные бесконечно большие величины вследствие прибавления к одной из них какой-нибудь конечной величины становятся неравными, и именно по такому способу мы и должны рассуждать, если хотим

всегда получать верные заключения из рассматривая бесконечных величин.

На последнюю часть вашего письма отвечаю, во-первых, что если бы земля (без луны) была расположена где-нибудь с центром на *Orbis magnus*¹ и оставалась там неподвижной, не испытывая ни тяготения, ни толчка, и если бы там ей была сразу сообщена некоторая энергия тяготения к солнцу и некоторый импульс надлежащей величины в поперечном направлении, движущий ее по направлению касательной к *Orbis magnus*, то равнодействующая этого притяжения и толчка вызвала бы, как я полагаю, обращение земли по кругу вокруг солнца. Но поперечный импульс должен обладать надлежащей величиной, потому что при слишком большом или слишком малом импульсе земля будет принуждена двигаться по какой-нибудь другой линии. Во-вторых, я не знаю такой силы в природе, которая вызвала бы это поперечное движение без божественной руки. Блондель сообщает нам где-то в своей книге «О бомбах» утверждение Платона, что движение планет происходит так, как если бы все они были созданы богом в какой-нибудь части пространства, очень удаленной от нашей системы, откуда и началось бы их падение по направлению к солнцу; при этом, как только они достигли бы своих различных орбит, движение падения превратилось бы в движение поперечное. И это оказывается верным, если предположить, что в момент достижения всеми планетами своих различных орбит сила тяготения солнца удвоилась. Но в этом случае вмешательство божественной силы оказывается необходимым в двух отношениях: для превращения нисходящего движения падающих планет в боковое движение и в то же время для удвоения силы притяжения солнца. Таким образом сила тяготения может привести планеты в движение, но без божественной силы она никогда не могла бы привести их в такое вращательное движение, какое они имеют вокруг солнца, а потому, как по этой, так и по другим причинам я принужден приписать строение нашей системы какому-либо разумному агенту.

Вы иногда говорите о силе тяготения как о существенном и неотъемлемом свойстве материи. Будьте добры не приписывать мне такого представления, потому что я не притязал на знание причины тяготения, и на рассмотрение этого вопроса потребовалось бы больше времени.

Я боюсь, что сказанное мною выше о бесконечных количествах покажется вам неясным, но достаточно будет, если вы усвоите себе, что бесконечные количества, рассматриваемые абсолютно, без какого-нибудь ограничения или оговорки, ни рав-

¹ *Orbis magnus* — это орбита земли. Прим. ред.

ны, ни неравны между собой и не обладают каким-либо определенным отношением друг к другу, вследствие чего положение о равенстве между собой всех бесконечных величин является ошибочным.

Остаюсь, сэр, и т. д.

Колледж Троицы,
17 января 1692/93 г.

Письмо третье

НЬЮТОН — БЕНТЛИ

Так как гипотеза о происхождении строения мира согласно принципам механики из материи, равномерно рассеянной по небесному пространству, несовместима с моей системой, то до того, как ваши письма навели меня на этот вопрос, я уделял ему очень мало внимания и поэтому теперь беспokoю вас несколькими добавочными строками, если это письмо не придет слишком поздно для вашей цели.

В предыдущих письмах я упоминал, что суточных вращений планет нельзя было бы вывести из силы тяготения, но что они необходимо должны были быть сообщены божественной рукой. И хотя сила тяготения и могла бы сообщить планетам нисходящее движение по направлению непосредственно к солнцу или же с каким-нибудь небольшим уклоном, тем не менее поперечные движения, при помощи которых планеты обращаются по своим различным орбитам, для того чтобы быть сообщенными в направлении касательных к этим последним, требовали бы вмешательства божественной руки. Я теперь прибавил бы, что гипотеза о первоначальном состоянии равномерного рассеяния материи в небесном пространстве, по моему мнению, несовместима с гипотезой о врожденности силы тяготения, если не прибегнуть к сверхъестественной силе для согласования их обеих, а потому гипотеза эта вводит необходимость божества. Ибо, если существует врожденная сила тяготения, то представляется невозможным, чтобы материя земли, а также всех планет и звезд разлеталась во все стороны и стала равномерно рассеянной по всему небесному пространству без вмешательства сверхъестественной силы; и, конечно, то, что ни при каких условиях не может произойти впоследствии без сверхъестественной силы, никогда не могло и ранее иметь место без той же силы.

Вы спрашивали, не случится ли, что материя, равномерно распределенная по конечному пространству какой-либо формы, отличной от сферической, падая по направлению к центральному

телу, придает этому последнему ту же форму, какую имеет все пространство, и я вам на это ответил утвердительно. Но, давая это ответ, я имел в виду, что материя исходит непосредственно вниз на это тело и что это тело не имеет суточного вращения.

Вот и все, что я хотел бы прибавить к своим предыдущим письмам.

Остаюсь вашим.

Кебридж,
11 февраля 1693 г.

ПИСЬМО ДОКТОРА БЕНТЛИ СЭРУ ИСААКУ НЬЮТОНУ¹

18 февраля 1692/3 г.

Достопочтенный сэр,

Узнав, что напечатание моих проповедей может быть отложено на некоторое время без ущерба для книгопродавца, я решил пока не отдавать их и продержат у себя несколько дольше. И несмотря на то, что в них встречается несколько вопросов, относительно которых я дорого дал бы за возможность узнать ваше мнение, я никогда не осмелился бы помешать вашим почтенным занятиям вопросами человека, постороннего вам. Но ваше неожиданное и любезное письмо, полученное мною с последней почтой, придает мне смелость просить вас просмотреть это резюме моей первой неопубликованной проповеди и сообщить, что в ней по вашему мнению не согласуется с истиной и вашей гипотезой. Я был бы спокоен, получив это удовлетворение, пока проповеди находятся еще в моем распоряжении.

В шестой проповеди я доказываю, что нынешняя система мира не могла быть вечной. Ибо, если бы материя была вечной (как утверждают атеисты), то некогда все представляло собой хаос, т. е. материя была равномерно или почти равномерно распределена в мировом пространстве. Поэтому в настоящей, седьмой, проповеди я перехожу к доказательству того, что материя в состоянии такого хаоса никогда не смогла бы естественно соединиться в эту или подобную систему. С этой целью мы должны рассмотреть систематически какое-нибудь явление нашего теперешнего мира, как, например: (

(1) Все тела на нашей земле тяготеют, даже наиболее легкие, и в их природных элементах.

¹ Перевод сделан по тексту письма, помещенному в книге Sir D. Brewster *Memoirs of the life, writings and discoveries of sir Isaac Newton 1855*. Т. II Приложение X. Стр. 463 — 470. Это письмо представляет ответ на третье письмо Ньютона. Прим. ред.

(2) Тяготение или вес тел пропорциональны количеству материи на равных расстояниях от центра.

(3) Тяготение присуще не только земным телам, но также свойственно планетам и солнцу. Более того, тела солнца и планет взаимно тяготеют друг к другу и, одним словом, все тела тяготеют ко всем телам. Что касается причины и происхождения этого тяготения, то ему было благоугодно ничего не определить. Но вы увидите в дальнейшем из этого положения, что таковая причина выше всякого механизма или силы неодоушевленной материи и должна происходить из более высокого принципа и божественной энергии и воздействия». (Я привел эти слова полностью с той целью, чтобы вьмогли судить, достаточно ли я был деликатен, не связывая эти рассуждения с вашим именем).

(4) Но так как тяготение пропорционально количеству материи, то необходимо признать существование пустоты.

(5) И определить отношение, в котором пустые пространства в нашей системе должны находиться к твердым массам. Очищенное золото (хотя оно и пористо, так как нерастворимо в кислоте и царской водке, однако не исключена возможность, что форма его корпускул приспособлена для полного контакта) относится к обыкновенной воде как 19 к 1, а вода к обыкновенному воздуху — как 850 к 1, так что золото относится к воздуху как 16150 к 1, так что пустого пространства в строении обычного воздуха в 16150 раз больше, чем твердой массы. А так как воздух обладает упругим стремлением к расширению, и пространство, занимаемое им, обратно пропорционально его сжатию, то чем больше будет высота, тем он будет менее сжат и более разрежен, и на высоте нескольких миль он имеет несколько миллионов частей пустого пространства на одну часть действительного тела, и на расстоянии 1 полудиаметра земли он настолько разрежен, что шар, состоящий из нашего обыкновенного воздуха (который уже состоит на 16150 частей из пустоты), расширившись до разреженности этих высот, будет больше орбиты Сатурна, которая во много миллионов миллионов раз больше всего земного шара, а еще выше разрежение постепенно возрастает до бесконечности. Так, что всю вогнутость небесного свода за исключением солнца, планет и атмосфер можно рассматривать как пустоту.

(6) Сделаем гипотезу, что каждая неподвижная звезда представляет собой солнце, так что отношение пустого пространства к материи, необходимое в вихре нашего солнца, будет приблизительно справедливо для всего остального мирового пространства. (Я внаю, что говорит Кеплер в *Eritome Astron.*, стр. 36, и

поэтому я спрашиваю: может ли эта гипотеза быть принята?) Допустим, что земной шар вполне тверд и плотен, и что вся материя нашего солнца, планет, атмосфер и эфира приблизительно в 50 000 раз больше объема земли. Астрономы подтвердят, что эта оценка вполне достаточна. Orbis Magnus (ширина которого равна 7 000 земных диаметрам) в 343 000 000 000 раз больше всей земли и поэтому в 6 860 000 раз больше всей материи, заключенной в нашей системе. Но на основании учения о параллаксе мы не можем предположить (согласно гипотезе Коперника), что диаметр небесного свода равен меньше чем 100 000 диаметрам Orbis Magnus. Так что вся вогнутость небесного свода в 1 000 000 000 000 099 раз больше сферы Orbis Magnus и, следовательно (помножая это на 6 860 000), в 6 860 000 000 000 000 999 999 раз больше всей материи нашей системы. Ибо если бы вся материя была равномерно распределена в вогнутости небесного свода, то каждая корпускула была бы окружена сферой пустого пространства, в 68 600...¹ раз превышающей ее собственные размеры, а диаметр сферы был бы в 19 000 000 раз длиннее диаметра корпускулы (предполагая, что корпускулы шарообразны). Далее, благодаря тому, что рядом с этой корпускулой находятся корпускулы, окруженные сферой того же размера, пустое пространство вокруг каждой корпускулы удваивается и диаметр его составляется из диаметра его собственной сферы плюс дваполудиаметра сфер двух соседних корпускул, так что каждый атом был бы расположен в пустом пространстве, превышающем в $8 + 68\,600...^1$ раз размеры атома и находился бы на расстоянии, в 19 000 000 раз превышающем его собственную длину (если он шарообразен) от любой другой корпускулы. На основании того же предположения об одинаковом расстоянии по всей поверхности пустой сферы, окружающей каждый атом, диаметр которой в 38 000 000 раз длиннее диаметра этого атома, не может быть более 12 атомов, расположенных на равных расстояниях от центрального атома и друг от друга (как центр и углы икосаэдра). Таким образом, наконец, каждый атом не только находится на расстоянии, во много миллионов миллионов раз превышающем его размеры, от других атомов, но если он будет приведен в движение (без притяжения или тяготения) на ходясь на этом расстоянии, то будет более миллиона миллионов шансов против одного, что он не попадет и не столкнется с одним из этих 12 атомов. Но отношение этой пустоты к материи в пределах нашей системы оправдливо и для всего мирового пространства вне ее. (Согласно Анд. Также полагаю, что размеры Orbis Magnus, равные 7 000 земных диамет-

¹ Так в оригинале. Прик. ред.

ров и небесного свода, равного 100 000 диаметров, Orbis Magnus, являются круглыми ислами. Если вы замените их лучшими, то вычисления могут быть быстро изменены). Я знаю, что при вычислении половина диаметров небесного свода должна быть занята радиусами многих вихрей ближайших неподвижных звезд, так что пространство, занимаемое вихрем нашего солнца, должно быть уменьшено в пропорции 8 : 1. Но так как половина диаметра небесного свода может быть бесконечно больше, чем мы предположили, то полагаю, что это уменьшение может быть оставлено без внимания.

(1) Целью всего этого является показать (в случае согласия с нашими предпосылками), что, как это и очевидно с первого взгляда, в таком хаосе никакое количество обычного движения (лишенного притяжения) не могло заставить эти рассеянные атомы соединиться в большие массы и двигаться, как мы это видим в нашей системе, ибо движение по окружности может возникнуть естественно только при наличии тяготения или при недостатке пространства.

(2) Что же касается тяготения, то если оно не является существенным свойством материи, то оно и никогда не могло быть приобретено ею. Оно не присуще материи и не вечно сосуществует с ней; потому что в этом случае даже наша система была бы вечной (если бы она была образована тяготением), что противно предположению наших атеистов, что мы доказывали в нашей последней проповеди. Ибо если предположить какое-нибудь определенное время, когда материя превратилась из хаоса в нашу систему, то придется утверждать, что перед этим материя тяготела вечно, не соединяясь, что является абсурдом. Сер, признаю, что мысль, любезно сообщенная мне в вашем последнем письме, а именно, что хаос несовместим с гипотезой о вечно существующем тяготении, включена мной в этот параграф. И затем представляется невероятным, чтобы неодушевленная бесчувственная материя могла (без божественного произволения) действовать на другую материю, не находящуюся с ней в соприкосновении, как это было бы необходимо признать, если бы тяготение было присуще и свойственно материи.

(3) Но если тяготение не присуще материи, оно в равной степени не могло быть ею приобретено. Это само собой очевидно, если считать, что тяготение есть истинное притяжение. А если это не есть истинное притяжение, то материя никогда не смогла бы соединиться из хаоса в систему, подобную нашей (параграф 1). Более того, даже теперь после образования нашей системы, тяготение нельзя объяснить иначе как притяжением. Как вы показали, это не есть магнетизм. Это не есть также эффект вихревого движения, так как оно пропорционально

количеству материи, ибо если бы земля была пустой внутри, то вес тела в воздухе (согласно вихрям) был бы таков же, как и в том случае, если бы она была твердой до самого центра. Если бы все пространство солнца представляло собой сплошную пустоту, то давление, направленное в сторону солнца, было бы не меньше, чем в том случае, если бы последнее было сплошным телом. Далее, вихревое движение без предшествующей гравитации предполагает и требует абсолютно заполненной или, по крайней мере, плотной структуры эфирной материи в противоположность тому, что было доказано раньше и что вытекает из движения комет; кроме того, как вы показали, это противоречит явлениям более медленного движения планет в афелии, чем в перигелии, и полуторному отношению их периодических движений к орбитам. Одним словом, если тяготение не есть притяжение, то оно должно вызываться толчком и непосредственным соприкосновением, но это никогда не сможет разрешить вопроса о всемирном тяготении во всех направлениях, как продольном, так и отвесном и пр., согласно явлениям вашей гипотезы.

[Сэр, я полагаю, что проблема всемирного тяготения, согласно вашей доктрине, не может быть решена механически. Я был очень удивлен, что вы предостерегаете меня от приписывания этого вам, ибо вы, якобы, не знаете его причины. Что же касается тяготения как врожденного свойства, то вы видите, что оно полностью противоречит моей цели и аргументации. Если я и употребил это слово, то лишь по соображениям краткости. Но я хотел бы знать ваше мнение относительно того, что вы здесь считаете правильным и достигающим цели. Я просматривал Гюйгенса «О тяжести», когда эта книга только что появилась, и хорошо помню, что она не может быть согласована с вашей теорией. Читал я также и книгу Вариньона, которая не только не может объяснить всемирного тяготения, но может быть опровергнута самыми обычными явлениями. По его мнению, длинные нити тонкой материи тянутся от вершины земного вихря к земле. Все тела, которые находятся в нижней половине, опускаются потому, что верхняя часть нитей длиннее; все поднимается в верхней части по обратной причине. Но в середине их находится значительное пространство равновесия, безразличное к восхождению и нисхождению, которое он называет «Пространством покоя» и в котором луна правильно движется по окружности, не опускаясь и не подымаясь. Поэтому в нитях солнечного вихря все пространство между Меркурием и Сатурном представляет собой пространство покоя на небольшом расстоянии от равновесия, длиннее половины нитей от Меркурия до тела солнца.

(4) Но если можно предположить, что тяготение присуще материи или, скорее, что оно присоединилось к материи, когда последняя была рассеяна в хаосе, все же оно никогда не смогло бы естественно создать систему, подобную нашей.

(1) Ибо если материя конечна, а принимая во внимание, что протяжение не есть материя, сумма мировой материи должна составить отдельные части, разделяемые и отделяемые друг от друга пустотой, но количество частей не может быть положительно бесконечным, подобно тому как не может быть положительно бесконечной арифметической суммы, что представляет собой противоречие в определении. Можно сказать, что все тела имеют бесконечное количество точек, так что мы имеем бесконечные суммы. Действительно, с этой точки зрения все суммы бесконечны, ибо содержат бесконечные дроби. Даже самые дроби бесконечны. Но такие точки не суть количества. Так что этот случай совершенно отличен. Может ли конечная сумма содержать одну, две или бесконечное множество данных дробей? Может ли материя содержать бесконечное количество частиц, каковыми являются атомы, о которых мы говорим? В таком случае я утверждаю, что если материя конечна, то она должна быть в конечном пространстве. Но тогда при помощи всемирного тяготения в случае равномерного рассеяния вся материя должна собраться в одну массу посредине пространства, а если даже она рассеяна неравномерно, то соберется опять-таки в одну массу, но не в середине мирового пространства, а в центре общего притяжения.

(2) Более того, даже если предположить, что она уже была создана, то все же тогда и даже теперь материя должна была бы соединиться вместе в конечную систему. Я согласен, что если бы весь мир состоял из одного солнца и остальных планет, движущихся вокруг него, то они не соединились бы; но в некоторых неподвижных звездах, не имеющих движения одна вокруг другой, они со своими системами планет должны были бы все собраться к общему центру мирового тяготения, если бы наш мир не был поддерживаем божественной силой.

Сэр, в конечном мире, в котором есть внешние неподвижные звезды, это кажется очевидно необходимым; что же касается предположения о бесконечном пространстве, то позвольте мне узнать ваше мнение. Я согласен с вами, что в случае материи, рассеянной в бесконечном пространстве, так же трудно держать в равновесии эти бесконечные частицы, как установить бесконечное количество игл на острие на зеркале. Предположим вместо частиц неподвижные звезды или большие неподвижные массы непрозрачной материи; не представляется ли так же невероятным, что такие бесконечные массы в бесконечном пространстве будут сохранять равновесие и не соединятся вместе; так что,

несмотря на бесконечность нашей системы, она могла бы быть сохранена только божественной силой.

(3) Кроме этого в таком хаосе, даже если бы тяготение присоединилось к материи, планеты никогда не могли бы получить кругового движения вокруг солнца и т. д. Если они были созданы в тех орбитах, в которых они движутся ныне, то они никогда бы не могли начать двигаться по кругу; эфирная материя не могла бы сообщить им этого движения, так как она чересчур тонка и безразлична к направлению на запад и восток, как мы это видим из движения комет. Тяготение не могло также действовать по горизонтали, ибо их движение совершается там, где нет ни наклона, ни спуска. Поэтому предположим, что планеты были созданы в каких-нибудь более далеких областях и оттуда спускались к солнцу, получая таким образом свои скорости, но в этом случае они должны были бы продолжать спускаться по направлению к солнцу, если бы божественная сила не сообщила им поперечного движения против того мощного импульса, с которым должны падать такие большие тела, так что во всех случаях необходимо ввести божество.

[Что же касается вашей цитаты из Блонделя, то я прочел то же самое в *Astronomia Physica* достопочтенного Фабри и в «Системе» Галилея, стр. 10 и 17, который добавляет, что из скорости Сатурна можно вычислить, на каком расстоянии от солнца последний был создан согласно степеням ускорения, найденным им в прогрессиях нечетных чисел. (Но он, несомненно, ошибается, не зная того, что вы впоследствии доказали, а именно, что скорости падения, а также веса тел уменьшаются с возрастанием квадрата расстояния) и что это отношение между расстояниями и скоростями имеется во всех планетах *quam proxime* (с большой точностью), как если бы они все упали с одной высоты. (Но вы, повидимому, отрицаете это, утверждая, что тяготение солнца должно удваиваться в тот самый момент, когда они попадают на свои орбиты.) Сознаюсь, что не мог использовать этих мест из Галилея и Фабри, ибо не мог вычислить, так что упоминаю об этом лишь в общем виде как приведено выше. И это тем более, что я знал, что должны быть какие-нибудь данные высоты, спускаясь с которых каждая из них могла бы получить свои настоящие скорости. Но признаюсь, что если бы я мог это понять, то это не только украсило бы мою речь, но и значительно усилило убедительность моих аргументов в пользу существования божественной силы, ибо я считаю более невозможным, что они были естественно созданы в одно и то же время на разных расстояниях, и является чудом из чудес, что, будучи естественно созданы через такие промежутки времени, они все достигли своих соответствующих орбит в один и тот же

момент. Это необходимое, если я правильно понимаю смысла ваших слов относительно удвоения солнечного притяжения; так как если Меркурий упал первым когда он достиг своей собственной орбиты, солнечное притяжение было удвоено. Если солнечное притяжение продолжало удваиваться, то спуск следующих планет должен был бы пропорционально ускориться, что нарушило бы предполагаемое отношение между скоростями Меркурия и этих планет.

Достопочтенный сэр, таково содержание моей предыдущей проповеди; следующая будет аргументом в пользу милосердия бога, выведенного из рассмотрения преимуществ нашей системы над тем, что должно было быть в силу естественной причинности. Я надеюсь, что мне не придется больше беспокоить вас по этому вопросу. Но сэр, в то время как я вам это пишу, я получил письмо от моего книгопродавца, который требует рукопись для сдачи в типографию. Поэтому прошу вас прислать мне со следующей почтой несколько кратких указаний на то, что вы одобряете и что нет, ибо я решил ожидать вашего ответа, несмотря на все его протесты. Сэр, я искренно прошу у вас прощения за причиненное вам беспокойство, а также решаюсь обеспокоить вас, вторично взяв на себя смелость просить вас разрешить преподнести вам мои скромные восемь проповедей после опубликования последних двух.

Остаюсь, сэр, Вашим премного обязанным и покорным слугой.

Р. Бенгли

Достопочтенному мистеру Исааку Ньютону,
профессору математики
и члену Тринити Колледжа в Кембридже.

ПИСЬМО ЧЕТВЕРТОЕ
НЬЮТОН — БЕНТЛАН

Кембридж,
25 февраля 1692/93 г.

Сэр,

Так как вы торопите меня, то я отвечу на ваше письмо со всей краткостью, на которую я способен. Относительно шести положений, которые вы устанавливаете в начале своего письма, я согласен с вами. Ваше предположение, что диаметр Orbis Magnus равен 7 000 диаметрам земли, влечет за собой величину горизонтального параллакса солнца в полминуты. По недавним наблюдениям Флемстида и Кассини, величина его равна приблизительно $10''$, и таким образом диаметр Orbis Magnus должен быть равен 21 000 или, в круглых числах, 20 000 зем-

ных диаметров. Оба расчета окажутся, по моему мнению, подходящими, и я не думаю, чтобы стоило менять ваши цифры.

В следующей части своего письма вы устанавливаете четыре других положения, основанных на первых шести. Первое из этих четырех положений кажется совершенно очевидным, если вы берете притяжение в таком общем смысле, что понимаете под ним любую силу, вследствие которой тела, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга, стремятся сблизиться между собой без механического импульса. Второе положение кажется не таким ясным. Ибо можно возразить, что ранее существующих в данное время могли существовать и другие системы миров, а перед ними еще другие и так далее в течение всей минувшей вечности, а, следовательно, сила тяготения может быть одного порядка вечности с материей и может производить с изначальных времен то же действие, как и в настоящее время, разве только вы где-нибудь доказали, что старые системы не могут постепенно переходить в новые или что наша система возникла первоначально не из материи, выделившейся из существовавших ранее разрушившихся систем, но из хаоса материи, равномерно рассеянной по всему пространству. Ибо что-то в этом роде как-будто составляло предмет вашей шестой проповеди, и развитие новых систем из старых без вмешательства божественной силы представляется мне явно нелепым.

Последний пункт второго положения мне очень нравится. Нельзя себе представить, чтобы неодушевленная грубая материя без посредства чего-то другого, обладающего нематериальной природой, могла воздействовать и влиять на какую-либо другую материю без взаимного их соприкосновения, как это должно быть, если тяготение, в смысле Эпикура, составляет существенное и непременно ей присущее свойство материи. Это именно и является одной из причин, почему я хотел, чтобы вы не приписывали мне понятия о врожденном тяготении. Что тяготение должно быть врожденным, непременно присущим и существенным свойством материи, так что одно тело может воздействовать на другое на расстоянии через пустоту, без посредства чего-то постороннего, при участии чего и благодаря чему их действие и сила могут быть передаваемы от одного к другому, — это представляется мне столь большой нелепостью, что, мне кажется, никто из обладающих надлежащей способностью мыслить в области философских вопросов не может притти к такому взгляду. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, действующим постоянно согласно известным законам, но является ли этот агент чем-то материальным или нематериальным, это я предоставил усмотрению моих читателей.

Свое четвертое утверждение, что мир не мог бы образо-

ваться благодаря действию одной только врожденной силы тяготения, вы подтверждаете тремя доводами. В своем первом доводе, однако, вы как-будто впадаете в *petitio principii*¹. Ибо в то время как многие древние философы и другие ученые, теисты и атеисты, все допускали, что может существовать бесчисленное или бесконечно большое количество миров и частиц материи, вы это отрицаете, считая это столь же нелепым, как утверждение существования бесконечно большой арифметической суммы или бесконечно большого числа; это является противоречием *in terminis*, но вы не доказываете таким путем нелепости предыдущего утверждения. Равным образом вы не доказываете, что понимаемое под выражением «бесконечная сумма или число» представляет собой противоречие по самой сути вещей, ибо противоречие *in terminis* указывает только на неуместность выражения. Вещи, разумеемые под неподходящими и противоречивыми выражениями, могут иногда действительно существовать в природе, не представляя собой решительно никакого противоречия. Названия: железное дерево, живое серебро² нелепы по сочетанию слов, но самые вещи, означаемые этими словами, действительно существуют в природе. Если бы кто-либо сказал, что под числом и под суммой, строго говоря, понимается то, что может быть сосчитано и суммировано, но что вещи бесконечно большие не поддаются счислению или, как мы обычно говорим, неисчислимы и не поддаются суммированию, а потому и не должны были бы быть называемы числом или суммой, то такой человек будет говорить довольно разумно, и я боюсь, что ваш довод по отношению к нему потеряет свою силу. И все-таки, если кто-нибудь возьмет эти слова — число и сумма — в более широком смысле, так чтобы понимать под ними вещи, которые, строго говоря, являются неисчислимыми и не поддающимися суммированию (как вы, повидимому, делаете, когда вы говорите о бесконечно большом числе точек в линии), я охотно позволю ему говорить о неподдающейся суммированию сумме, не делая на этом основании вывода о наличии какого-то абсурда в той вещи, которую он разумеет, выражаясь таким образом. Если, однако, помощью этого или какого-либо другого довода вы доказали конечность вселенной, то отсюда следует, что вся материя будет испадать из наружных частей пространства и будет сосредоточиваться в середине. Но при этом падении материя может собираться в большое число круглых масс,

¹ Логическая ошибка, состоящая в том, что то, что надо доказать, принимается за данное. *Прим. ред.*

² Указанные в англйском тексте выражения при переводе заменены аналогичными русскими наименованиями, так как дословный перевод не выражал бы мысли автора. *Прим. пер.*

подобных телам планет, а эти массы, притягивая друг друга, могут приобрести при своем падении некоторый уклон, вследствие чего они могут упасть не непосредственно на большое центральное тело, но где-либо сбоку его, после чего они описывают вокруг него кривую и затем движутся восходящим движением, с такими же последовательными ступенями изменения движения и скорости, с которыми они перед этим совершали нисходящее движение, весьма сходно с манерой вращения комет вокруг солнца. Но кругового движения по концентрическим орбитам вокруг солнца они, однако, никогда не могли бы приобрести благодаря действию одной только силы тяготения.

Если бы даже вся материя была сначала распределена между несколькими системами, а каждая система волей божественной силы была устроена подобно нашей системе, тем не менее системы, расположенные снаружи, нисходили бы к расположенным в самой середине, так что такой порядок вещей не мог бы существовать как постоянный без божественной силы, направленной к его сохранению, в чем и состоит второй довод. С вашим третьим доводом я совершенно согласен.

Что касается приведенной выдержки из Платона, то нет такой общей для всех точки пространства, чтобы при падении из нее всех планет и при их нисхождении с однообразными и равными силами тяготения (как предполагает Галилей) они при достижении своих различных орбит приобретали те различные скорости, с которыми они теперь обращаются по этим орбитам. Если предположить, что сила тяготения каждой планеты к солнцу имеет величину, соответствующую ее действительной величине, и что движения планет обращены кверху, то каждая планета поднимется на высоту, равную двойному расстоянию ее от солнца. Сатурн будет совершать восходящее движение до тех пор, пока он не достигнет высоты, равной двойному теперешнему расстоянию его от солнца, но не большей. Юпитер поднимается еще на такую же высоту, какую он занимает теперь, т. е. окажется немногим выше орбиты Сатурна; Меркурий поднимется до двойной теперешней высоты, т. е. до орбиты Венеры, и т. д. для всех остальных планет. Если затем вновь заставить их ниспадать, исходя из тех положений, до которых поднялась каждая планета, то они снова достигнут своих различных орбит с теми же самыми скоростями, которые они имели первоначально и с которыми они обращаются в настоящее время.

Если, однако, одновременно с превращением их вращательных движений в движения восходящие, уменьшить наполовину силу тяготения солнца, вследствие действия которой постоянно задерживается их восхождение, то планеты будут теперь постоянно двигаться кверху и на равных расстояниях от солнца все они

должны обладать одинаковыми скоростями. Меркурий по достижении им орбиты Венеры будет иметь такую же скорость, как Венера, а вместе с этой последней по достижении ими орбиты земли они будут иметь скорость, одинаковую с землей, и т. д. в отношении остальных планет. Если все они начинают совершать восходящее движение одновременно и при этом по одной и той же линии, то при своем восхождении планеты будут постоянно все более сближаться друг с другом, а их движения будут постоянно приближаться к равенству между собой и сделаются наконец медленнее любого выбранного движения. Предположим поэтому, что это восходящее движение продолжалось до тех пор, пока они не стали почти соприкасающимися, а их движения — совсем незначительными, и далее, что все их движения в один и тот же момент времени изменили опять свое направление на обратное или, как это почти равносильно, что все планеты только лишились существовавших у них движений и начали в этот момент падать. Тогда все они в одно и то же время достигли бы своих различных орбит, каждая с той скоростью, которую она имела первоначально. Если бы затем их движениям было сообщено боковое уклонение и в то же время сила тяготения солнца была удвоена, для того чтобы оказаться достаточной для удержания планет на их орбитах, то все они обращались бы по этим последним, как и перед своим восхождением. Если бы, однако, удвоения силы тяготения солнца не произошло, то планеты ушли бы со своих орбит, двигаясь по параболическим линиям к высочайшим пределам небесного пространства. Эти выводы следуют из моих «Математических начал», книга I, предложения XXXIII, XXXIX,

Благодарю вас за обещанный подарок и остаюсь ваш...



Затруднения, выдвинутые г. Лейбницем в 1715 и 1716 гг. против мнений некоторых знаменитых английских писателей, касающихся начал философии и естественной религии, с ответами г. Кларка, доктора богословия и ректора церкви св. Джемса.

Difficultés de M. Leibniz, proposées en 1715 et 1716 contre les sentimens de quelques célèbres écrivains anglois touchant les principes de la Philosophie et de la Religion Naturelle avec les reponses de M. Clarke, Docteur en Théologie et Recteur de l'église de St. James.

Переписка Лейбница и Кларка завязалась по поводу сомнений и несогласий Лейбница с теорией Ньютона. Лейбниц обратился 15 сентября 1715 г. с письмом к принцессе Уэльской. Ответ на это письмо написал по просьбе принцессы друг Ньютона Самюэль Кларк. Лейбниц ответил на это письмо, выставляя ряд возражений; Кларк снова опровергает его доводы. Переписка происходила через посредство принцессы Уэльской.

Переписка, изданная Демезо (Des Mairéau), содержит пять писем Лейбница и пять ответов Кларка. Смерть помешала Лейбницу продлить этот спор. В настоящем сборнике приводится ряд отрывков из этих писем.

Recueil de diverses pieces, sur la Philosophie, la Religion Naturelle, l'Histoire, les Mathematiques etc par Mrs. Leibniz, Clarke, Newton et autres Auteurs célèbres, t. I, Amsterdam 1720 г. См. содержание третьей темы стр.

Посвящение ее королевскому высочеству госпоже принцессе Уэльской.

(Стр. LXXXVII—XCI)

Этот ученый человек (Лейбниц) заявляет, что то, что заставило его взять на себя смелость написать свое первое письмо по этому поводу вашему королевскому высочеству, был страх, чтобы основы естественной религии не были поколеблены философи-

¹ Перевод с французского сделан по изданию:

ей г-на Ньютона. Я же нахожу, наоборот, что с самой глубокой древности и до нашего века никогда не закладывались основы естественной религии столь глубоко и столь прочно, как то делает математическая и экспериментальная философия этого великого человека. Желание вашего королевского высочества достигнуть наибольшей точности в отыскании истины, в соединении с тем интересом, который ваше королевское высочество проявляет ко всему, что может касаться религии, не позволило вам допустить, чтобы подозрения, высказанные личностью, столь выдающейся в ученом мире, как г-н Лейбниц, остались без ответа.

Христианская религия предполагает истинность естественной религии. Все, что опровергает естественную религию, опровергает, следовательно, с тем большим правом христианскую; и все, что служит к утверждению естественной религии, служит также в соответствующей мере к поддержанию интересов второй. Соответственно философия имеет важное значение для религии, когда она берется разрешать вопросы, которые возникают относительно свободы и рока, относительно пределов активности материи и движения и при обсуждении доказательств, которые дает нам природа в том, что бог постоянно правит вселенной, Весьма полезно хорошо понимать различие, которое существует между гипотезами или простыми предположениями и законными и несомненными следствиями экспериментальной и математической философии, которые для людей, способных достичь столь высоких знаний, имеют совершенно необычайную силу и преимущество для подтверждения, установления и защиты против всякого рода возражений относительно великих и основных истин естественной религии, которые мудрость провидения запечатлела в некоторой мере в умах людей, даже самых ограниченных, которые не обладают той степенью способности, которая нужна для исследования убедительных доказательств.

Первое письмо г. Лейбница

Извлечение письма г-на Лейбница к ее королевскому высочеству г-же принцессе Уэльской, написанного в ноябре 1715 г.

(Стр. 3—5)

1. Кажется, и сама естественная религия приходит в упадок (в Англии). Многие стремятся приписать душе телесные свойства; другие же самого бога делают материальным.

2. Г-н Локк и его приверженцы, по крайней мере, испытывают сомнения относительно того, не являются ли души материальными и не подвержены ли они естественной гибели.

3. Г-н Ньютон говорит, что пространство — это орган, которым бог пользуется, чтобы воспринимать вещи. Но если он нуждается в каком-то средстве, для того чтобы их чувствовать, то, следовательно, они от него зависят всецело и не являются его творением.

4. Г-н Ньютон и его приверженцы имеют еще одно весьма своеобразное мнение о деяниях бога. По их мнению, бог должен время от времени заводить свои часы¹, иначе они перестанут действовать. Он не обладал достаточной предусмотрительностью, чтобы сообщить вечное движение. Эта божественная машина даже настолько несовершенна, по их мнению, что он вынужден от времени до времени исправлять ее путем чрезвычайного вмешательства, подобно часовщику, который будет тем более плохим мастером, чем чаще ему придется прикасаться к делу рук своих и исправлять его. По моему же мнению там вечно продолжает существовать неизменная сила и мощь, которая лишь переходит от материи к материи, следуя законам природы и прекрасному порядку, предустановленному с самого начала. И я считаю, что когда бог творит чудеса, то он делает это не ради поддержания нужд природы, но ради благодати. Мыслить иначе значило бы быть очень низкого мнения о мудрости и могуществе бога.

Первый ответ г-на Кларка.

(Стр. 6).

1. Это правда и это весьма плачевно, что в Англии, как и в других странах, есть люди, отрицающие даже естественную религию или искажающие ее в крайней мере. Но после разнуждания нравов это следует приписывать главным образом ложной философии материалистов, с которой борются математические принципы философии. Правда также, что есть люди, которые душу делают материальной и самого бога телесным; но эти люди открыто объявляют себя противниками математических начал философии, которые являются единственными началами, доказывающими, что материя является самой малой и наименее значительной частью вселенной.

¹ Г-н Лейбниц, видимо, имеет здесь в виду следующие слова г-на Ньютона: «Так как планеты движутся по весьма эксцентрическим орбитам, в очень разнообразных направлениях, к различным частям неба, то невозможно представить, чтобы слепая неизбежность заставляла все планеты двигаться по концентрическим орбитам в подобных направлениях; если исключить некоторые едва заметные неправильности, которые могут вызываться взаимодействием комет и планет и которые, возможно, будут увеличиваться по мере протечения долгого времени, до тех пор пока эта система не станет нуждаться в том, чтобы ее творец привел ее в прежний порядок». Прим. издателя писем.

4. Если среди людей один работник считается по праву тем более ловким, что сделанная им машина дольше сохраняет правильное движение без того, чтобы к ней приходилось касаться, то это потому, что ловкость всех человеческих работников состоит лишь в том, чтобы составлять и соединять некоторые части, обладающие движением, принципы которого совершенно не зависят от работника, как пири и пружины и т. д., силы которых вызываются отнюдь не работником, который лишь приспособляет их и соединяет их между собой. Совершенно иначе обстоит дело в отношении бога, который не только составляет и размещает вещи, но является еще творцом их первоначальных сил, или их движущих сил и сохраняет их постоянно. И, соответственно, говорить, что ничто не делается без его провидения и без наблюдения, отнюдь не значит унижать его дело; скорее это значит показывать величие и совершенство его дела. Идея тех, кто утверждает, что мир есть большая машина, движущаяся без божьего вмешательства, подобно тому как часы продолжают двигаться без помощи часовщика; эта идея, говорю я, вводит материализм и фатализм; и под предлогом сделать из бога, *Intelligentia supra-mundana*¹, она стремится в действительности изгнать из мира божье провидение и управление. Я добавляю, что с тем же правом, по какому философ может вообразить, что в мире со времени его сотворения все происходит без участия провидения, последователю Пиррона² будет нетрудно пойти в своих рассуждениях далее и предположить, что все вечно происходило подобно тому, как оно происходит в настоящее время, без всякой необходимости допускать творение или иного творца мира кроме того, что этот сорт людей называют глубоко мудрой и вечной природой. Если бы король обладал королевством, где все происходило бы без его вмешательства и без его приказаний относительно того, как должны идти дела, то в отношении его это было бы королевством лишь по названию; и он не заслуживал бы названия короля или правителя. И поскольку по праву можно заподозреть, что те, кто считает, что в королевстве все может идти вполне хорошо без вмешательства короля, поскольку можно, говорю я, подозревать, что они были бы не прочь вовсе обойтись без короля, постольку можно сказать что те, кто утверждает, что вселенная не нуждается в том, чтобы господь направлял и правил ею постоянно, выставляют доктрину, которая стремится изгнать его из мира.

¹ Разум, стоящий над миром. Намек на место из «Теодицеи» Лейбница, где он говорит: «согласно нашим озрениям бог есть внемирской разум, или лучше сказать сверхмировой разум». *Прим. ред.*

² Пиррон — философ-софист. *Прим. ред.*

(Стр. 12—15)

1. Вполне правильно говорится в письме, переданном г-же принцессе Уэльской и которое ее королевское высочество соблаговолила мне послать, что после порочных страстей принципы материалистов сильно способствуют поддержанию безбожия. Но я не думаю, что возможно говорить о том, что математические принципы философии противоположны принципам материалистов. Наоборот, они одинаковы: исключая то, что материалисты, по примеру Демокрита, Эпикура и Гоббса, ограничиваются одними лишь математическими принципами и не допускают ничего кроме тел, а математики-христиане допускают еще субстанции нематериальные. Таким образом не математические начала в обычном смысле этого слова, а принципы метафизические следует противопоставлять принципам материалистов. Пифагор, Платон и отчасти Аристотель имели об этом некоторые познания; но я считаю, что я установил их достаточно убедительно, хотя и в популярном изложении, в моей «Теодицее». Великим основанием математики является принцип противоречия или тождества, т. е., то, что утверждение не может быть правильным и ложным в одно и то же время и что, таким образом, *A* есть *A* и не может быть не *A*. И одного этого принципа достаточно, чтобы доказать всю арифметику и всю геометрию, т. е. все математические принципы. Но для того чтобы перейти от математики к физике, нужен еще другой принцип, как я заметил в моей «Теодицее», — это принцип достаточного основания, т. е. что ничто не происходит без того, чтобы не было основания для того, чтобы это происходило так, а не иначе. Вот почему Архимед, желая перейти от математики к физике, в своей книге о равновесии был вынужден применить особый случай великого принципа достаточного основания. Он принимает за установленное, что если имеется рычаг, в котором обе части совершенно одинаковы и если подвесить с обеих сторон к обоим концам этого рычага одинаковые грузы, то все останется в покое. Это так, потому что нет никакой причины для того, чтобы опустился один конец, а не другой. Итак, одним этим принципом, именно тем, что нужно, чтобы была достаточная причина того, что вещи существуют так, а не иначе, доказываются божество и все остальное в метафизике или в естественной теологии; и даже некоторым образом доказываются физические принципы, независимые от математики, т. е. принципы динамические или принципы силы.

2. Говорят, что согласно математическим принципам, т. е.

согласно философии г-на Ньютона (ибо математические принципы здесь не решают ничего), материя является наименее значительной частью вселенной. Ибо он допускает помимо материи пустое пространство; а по его мнению материя занимает лишь очень малую часть пространства. Но Демокрит и Эпикур утверждали то же самое, исключая то, что они несколько расходились в этом с Ньютоном и что, быть может, согласно их мнению, в мире имеется больше материи, чем по мнению Ньютона. В этом, я думаю, они были правы, ибо чем больше существует материи, тем больше возможности у бога проявлять свою мудрость и свое могущество: поэтому-то среди прочих аргументов, я утверждаю, что пустоты не существуют вовсе.

Второй ответ г-на Кларка

(Стр. 20 — 21)

1. Когда я говорил, что «Математические начала философии» противостоят принципам материалистов, я хотел сказать, что в то время как материалисты предполагают, что структура вселенной могла быть произведена по одним лишь механическим принципам материи и движения, необходимости и предопределения, «Математические начала философии» показывают, наоборот, что положение вещей (строение солнца и планет) могло быть создано лишь причиной разумной и свободной. По отношению к слову математики или метафизика можно называть, если считать это уместным, математические принципы принципами метафизическими, поскольку метафизические следствия явно рождаются из математических принципов. Правда, ничего не существует без достаточной причины и ничто не существует тем способом и не иным, без того чтобы на это имелось также достаточное основание, а следовательно, когда не существует никакой причины, то не может быть никакого действия. Но этим достаточным основанием является часто просто божья воля. Например, если рассудить, почему известная часть или система материи была создана в одном известном месте, а другая — в другом известном месте, тогда как поскольку любое место было абсолютно безразлично для всякой материи, то абсолютно то же самое было бы *vice versa* (наоборот), если предположить, что эти две части материи (или их частицы) подобны; если, говорю я, обсудить это, то не найдется никакой иной причины, кроме простой воли бога. И если бы эта воля никогда не могла действовать, не будучи предопределенной какой-либо причиной, подобно тому как веса не могли бы двигаться, не будь груза, чтобы их наклонить, то бог не имел бы свободы выбора, и это означало бы ввести фатализм.

(Стр. 66—69)

7. Если вселенная в своем протяжении ограничена, то пространство за пределами мира не воображаемо, но реально. Также и пустые пространства в самом мире не воображаемы. Несмотря на наличие световых лучей и, быть может, еще какой-либо материи в небольшом количестве, в сосуде, малость сопротивления ясно показывает, что большая часть этого пространства свободна от материи. Ибо тонкость материи не может быть причиной малого сопротивления. Ртуть состоит из частей не менее тонких и текучих, чем части воды; и, однако, сопротивление ее превышает вдесятеро сопротивление воды. Поэтому-то сопротивление это обусловлено количеством, но не густотой, материи.

8. Пространство, лишенное тел, есть свойство бестелесной субстанции. Пространство не ограничено телами, но оно равно существует как в самих телах, так и вне их. Не пространство заключено между телами, но сами тела, находясь в бесконечном пространстве, ограничены своими размерами.

9. Пустое пространство не есть сказуемое без подлежащего, ибо под этим мы подразумеваем не пространство, где нет ничего, но пространство, свободное от тел. Бог, без сомнения, присутствует во всяком пустом пространстве; и, быть может, в этом пространстве находятся еще какие-либо нематериальные субстанции, неосязаемые и невоспринимаемые никакими из наших органов чувств.

10. Пространство не есть субстанция, но атрибут, и если оно — принадлежность существа, существование которого необходимо, то оно и должно (как и все атрибуты подобного существа) существовать с большей необходимостью, нежели сами субстанции, которые не необходимы. Пространство огромно, неподвижно и вечно; и то же самое следует сказать о длительности. Но отсюда не следует еще, что существует что-либо вечное вне бога. Ибо пространство и длительность не суть вне бога: они — непосредственное и необходимое следствие его существования, без которых он не мог бы быть вечным и вездесущим.

(Стр. 79—81)

45. Справедливо, что если бы тело могло притягивать другое без посредства чего-либо постороннего, это было бы не чудом, но противоречием, ибо значило бы, что вещь действует там, где ее нет. Но средство, с помощью которого два тела притягивают друг друга, может быть невидимым и неосязаемым и обладать природой, отличный от механического устройства, что не

мешает тому, чтобы постоянное и регулярное действие могло называться естественным, ибо оно много менее удивительно, чем движение животных, которое, однако, как чудо никто не принимает.

46. Если термином «естественные силы» обозначить здесь силы механические, все животные, не исключая и человека, окажутся чистыми машинами подобно часам. Но если термин этот не обозначает механические силы, то тяготение может быть вызвано силами правильными и естественными, хотя бы и не механической природы.

Пятое письмо Лейбница

(Стр. 97 — 99)

33. Так как пространство само по себе есть вещь идеальная; как время, то необходимо, чтобы пространство за пределами мира было мнимым, как это было признано уже схоластами. То же относится к пустому пространству внутри мира; его я считаю мнимым еще по причинам, высказанным мною выше.

34. Мне возражают, приводя пустоту, изобретенную Герике в Магдебурге, которая получается при выкачивании воздуха из сосуда, и утверждают, что в сосуде имеется действительная пустота, т. е. пространство, совершенно свободное от материи, по меньшей мере частично. Аристотелианцы и картезианцы, которые не допускают действительной пустоты, ответили на этот опыт Герике, так же как и на опыт Торричелли во Флоренции (выгонявшего воздух из стеклянной трубки с помощью ртути) тем, что ни в трубке, ни в сосуде пустоты в действительности совсем не было, ибо стекло обладает тонкими порами, через которые могли проникать лучи света, магнитные лучи и другие очень тонкие вещества. И я согласен с их мнением, находя, что сосуд можно было бы сравнить с ящиком, изрешеченным дырами, помещенным в воду, полную рыб или других грубых тел; удалив эти грубые тела, мы не освободили бы, однако, ящик от воды. Различие, однако, в том, что вода, будучи более послушной и подвижной, нежели грубые тела, обладает такой же, если не большей, массивностью; тогда как материя, которая входит в сосуд вместо воздуха, гораздо тоньше его. Новые сторонники пустоты отвечают на это, что не степень грубости, а только количество материи обуславливает ее сопротивление; и следовательно, где меньше сопротивления, там больше пустоты. К этому добавляют, что тонкость не имеет значения, что части ртути так же тонки, как части воды, и что тем не менее сопротивление ртути в десять раз превышает сопротивление воды. На это я отвечаю, что сопротивление обуславливается не столько количеством материи, сколько трудностью, с какой она поддается

проникновению. Например, плавающее дерево содержит меньше тяжелой материи, чем равный объем воды, и тем не менее оно оказывает больше сопротивления судну, чем эта последняя. (Стр. 110)

48. Наконец, если пространство, свободное от тел (которое можно вообразить), не пусто, то чем-же оно наполнено? Быть может, там существуют имеющие протяжение духи или нематериальные субстанции, способные сокращаться и расширяться, блуждающие там и проникающие друг в друга без затруднений, как тени двух тел проникают друг в друга на стене. Я предвижу возвращение занятых предположений покойного Генри Мэра (человека весьма образованного и добрых к тому же намерений) и некоторых других, думавших, что духи эти могут становиться непроницаемыми, когда им захочется. Были даже такие, которые вообразили, что человек до прехопадения также обладал даром проникновения, но что после падения он стал твердым, непрозрачным и непроницаемым. Не значит ли это исказить, самые понятия вещей, давать богу части, придавать духам протяженность? Единственный закон необходимости достаточного основания, может рассеять эту игру воображения. Человек очень легко создает себе фикции, лишь только он отдается от этого великого принципа.

(Стр. 112 — 114)

52. Чтобы доказать мне, что пространство, свободное от тел, представляет некоторую абсолютную реальность, мне возражали, что конечная материальная вселенная могла бы блуждать в пространстве. Я ответил, что мне не кажется возможным, чтобы материальная вселенная была конечной; и если бы это представить себе, то единственным возможным движением в мире было бы движение его частей друг относительно друга, ибо иначе движение не производило бы никаких изменений, доступных наблюдению, и было бы бесцельно. Иначе обстоит дело при перемещении частей относительно друг друга, ибо здесь можно различить, движение в пространстве, которое состоит в изменении порядка соотношений. Здесь отвечают, что истинность движения не зависит от наблюдения и что корабль может двигаться, а сидящий в нем не замечать того. Я отвечаю, что движение независимо от наблюдателя, но отнюдь не независимо от наблюдаемости. Не существует движения там, где нет изменения, доступного наблюдению. И даже больше: там, где нет доступного наблюдению изменения, нет изменения и вовсе. Противное основано на представлении абсолютного реального пространства, которое я отверг с помощью доказательства, основанного на принципе необходимости достаточного основания вещей.

53. Я не нахожу ничего в восьмом определении «Математических начал Природы», а также в схолии этого определения, что доказывало бы или могло бы доказать реальность пространства самого по себе. Однако я согласен, что есть различие между *абсолютным истинным движением тела и простым изменением положения относительно другого тела*. Ибо, когда непосредственная причина изменения заключена в теле, оно находится в истинном движении; и тогда положение других тел относительно него также изменяется, хотя причина изменения и не заключена в них. Правда, что в точном смысле не существует тел, которые находились бы полностью в совершенном покое, но это предполагают в абстракции при рассмотрении вопросов с точки зрения математики. Таким образом я ничего не оставил без ответа из того, что было выдвинуто для доказательства абсолютной реальности пространства. И я доказал неправильность такой реальности, исходя из основного принципа, принадлежащего к числу наиболее разумных (естественных) и испытанных и из которого нельзя найти исключений. Наконец из всего, что я сказал, можно легко заключить, что я не должен допускать ни *движущейся вселенной*, ни возможности существования какого-либо места вне материального мира.

(Стр. 119)

62. Я вовсе не говорю, что материя и пространство — это одно и то же. Я только утверждаю, что там, где нет материи, нет и пространства; и что пространство само по себе не есть абсолютная реальность. Пространство и материя отличаются как время и движение. Однако объекты эти хотя и различной природы, но неотделимы друг от друга.

(Стр. 121)

67. Части пространства определяются и различаются лишь вещами, которые в них находятся, и разнообразие вещей в пространстве определяет различное воздействие бога на различные части пространства. Но пространство, взятое без вещей, не представляет собой ничего определяющего и даже ничего действительного.

(Стр. 135)

99. Я не берусь здесь устанавливать мою динамику или мою доктрину сил: задача эта не соответствует месту. Однако я могу очень хорошо ответить на сделанное мне замечание. Я утверждал, что *активные силы сохраняются в мире*. Мне замечают что при столкновении двух неупругих или мягких тел сила теряется. Я отвечаю отрицательно. Правда, целое теряет при этом часть его *общего движения*, но части получают эту силу, будучи

внутренне возбуждены силой столкновения. Таким образом эта убыль только кажущегося характера. Силы не уничтожаются, но распределяются между большим количеством мелких частей. Это не значит терять их, но происходит нечто подобное размену крупной монеты на мелочь. Однако я попрежнему согласен с тем, что количество движения не остается постоянным; в этом я согласен с тем, что указано на стр. 341 «Оптики» Ньютона¹. Но я уже показал в другом месте², что существует разница между количеством движения и количеством продвижения.

(Стр. 136)

100. Мне также говорили, что сила в материальном мире уменьшается естественным путем и что это происходит из зависимости вещей. В третьем своем ответе я потребовал, чтобы мне доказали, что этот недостаток действительно имеет причиной взаимозависимость вещей. Однако от ответа на этот вопрос уклоняются в сторону, заявляя, что это не является недостатком. Но независимо от того, недостаток это или нет, следовало доказать, что это — следствие взаимозависимости вещей.

101. Однако следует заключить, что то, что делает машину мироздания столь же несовершенной, как и производство дурного часовщика, должно быть названо недостатком.

102. Теперь мне говорят, что это является следствием инерции материи; однако это положение не более доказуемо. Инерция эта, выдвинутая и названная Кеплером и упоминавшаяся Декартом в его «Письмах» и которой я воспользовался в «Теодицее», чтобы дать картину и образец природного несовершенства созданий, инерция эта производит единственное действие, именно, что скорости уменьшаются при увеличении масс, однако силы остаются неизменными.

(Стр. 141)

112. В хорошей философии и в здоровой теологии следует различать то, что может быть объяснено природой и силой существ и тем, что не может быть объяснено иначе, как силами бесконечной субстанции. Нужно разделять бесконечным расстоянием деяния бога, которые простираются за границы природных сил, и действия вещей, подчиняющиеся законам, данным им богом, который сделал их способными следовать этим законам по их природе, хотя и с его помощью.

113. Сюда относятся притяжения и другие действия, необъяснимые природой созданий, которые приходится объяснять чу-

¹ См. отрывки из «Оптики» Ньютона на стр. 722 сборника *Прим. ред.*

² См. «Динамику» Лейбница на стр. 384 и след. сборника. *Прим. ред.*

дом или же прибегать к нелепостям, т. е. к скрытым качествам схоластиков, которые нам начинают излагать под особым названием «силы», но которые возвращают нас в царство мрака. Это *inventa fruge glandibus vesci* (дословно: найдя плод, питаться желудями — *Ред.*).

114. Во времена г-на Бойля и других достойных людей, которые процветали в Англии в начале царствования Карла Второго, не осмелились бы излагать нам столь пустые понятия. Я надеюсь, что это прекрасное время вернется при таком превосходном правительстве, каким является наше нынешнее, и что умы, несколько излишне отвлеченные бедственными временами, вернутся к делу лучшего развития основательных знаний. Основной заслугой г-на Бойля было внушить, что в физике все происходит механически. Но несчастье людей заключается в том, что им в конце концов становится противен сам разум, что свет надоедает им. Химеры начинают возвращаться и нравятся, так как в них находят что-то чудесное. В философской области происходит то же, что произошло в области поэтической. Хорошие романы, как *Clelie* или *l'Agamene*¹, надоели, и с некоторого времени возвратились к волшебным сказкам.

115. Что касается движения небесных тел и еще более возникновения растений и животных, то здесь нет ничего, что бы можно было приписать чуду, за исключением начала этих вещей. Организм животных является механизмом, предполагающим божественное сотворение; то, что отсюда следует, совершенно естественно и совершенно механично.

116. Все происходящее в теле человека и в теле всякого животного так же механично, как и то, что происходит в часах. Разница здесь лишь та, которая должна необходимо существовать между машиной, изобретенной богом, и делом мастера, столь ограниченного, как человек.

(Стр. 144 — 146)

118. Я возразил, что собственно притяжение есть понятие схоластическое и было бы действием на расстоянии *без какого-либо посредства*. Здесь отвечают, что притяжение *без посредства* было бы противоречием. Прекрасно, но как же понимать то, что солнце должно притягивать земной шар через пустое пространство? Может быть бог служит здесь посредником? Но это было бы чудом, если таковое когда-либо имело место. Это бы превосходило силы его созданий.

119. Или, быть может, этим предполагаемым посредником являются какие-либо нематериальные субстанции или какие-то

¹ Два популярных в XVII в. романа. *Прим. ред.*

бестелесные лучи, или какое-либо явление без вещества, что-либо как бы преднамеренное или еще что-либо, я не знаю что, вещи, запас которых в голове кажется еще достаточно велик, но которые нет возможности как следует объяснить.

120. Говорят, что этот способ сообщения невидим, неосознаем и немеханичен. С тем же правом можно было бы прибавить — необъясним, непонятен, ненадежен, неоснователен, беспримерен.

121. Но он правилен, говорят они, он постоянен и, следовательно, естественен. Я отвечаю, что он не мог бы быть правильным, не будучи разумным, и не мог бы быть естественным, не будучи объяснимым природой творений.

122. Если это посредство, дающее место действительному притяжению, постоянно и в то же время необъяснимо силами творений и если при всем том оно существует, то это — непрекращающееся чудо, а если чуда здесь нет, то значит оно ложно. Это вещь химерическая, скрытое схоластическое свойство.

123. Это подобно тому, как если бы тело двигалось по кругу, не отклоняясь по касательной, без существования чего-либо поддающегося объяснению, чтобы мешало ему это сделать. Этот пример я уже приводил и на него не последовало ответа, так как он слишком ясно показывает разницу между действительным свойством, с одной стороны, и скрытым химерическим качеством школ — с другой.

124. Естественные силы тел все подчиняются механическим законам, а естественные силы духовных начал всецело подчинены моральным законам. Первые следуют порядку действующих причин, а вторые — порядку конечных причин. Первые действуют несвободно, как часы, вторые же действуют свободно, хотя они точно согласуются с тем родом часов, которые другая высшая свободная причина заранее к ним приноровила.

Пятый ответ г-на Кларка

(Стр. 160 — 161).

53. Так как ученый автор вынужден здесь признать, что между абсолютным движением и движением относительным существует разница, то мне кажется, что отсюда необходимо следует, что пространство является вещью, совершенно отличной от положения или от порядка тел. Об этом читатели смогут судить, сравнивая то, что говорит здесь автор, с тем, что можно найти в «Началах» г-на Ньютона (кн. 1, опред. 8).

ей г-на Ньютона. Я же нахожу, наоборот, что с самой глубокой древности и до нашего века никогда не закладывались основы *естественной религии* столь глубоко и столь прочно, как то делает математическая и экспериментальная философия этого великого человека. Желание вашего королевского высочества достигнуть наибольшей точности в отыскании истины, в соединении с тем интересом, который ваше королевское высочество проявляет ко всему, что может касаться религии, не позволило вам допустить, чтобы подозрения, высказанные личностью, столь выдающейся в ученом мире, как г-н Лейбниц, остались без ответа.

Христианская религия предполагает истинность *естественной религии*. Все, что опровергает *естественную религию*, опровергает, следовательно, с тем большим правом христианскую; и все, что служит к утверждению *естественной религии*, служит также в соответствующей мере к поддержанию интересов второй. Соответственно философия имеет важное значение для религии, когда она берется разрешать вопросы, которые возникают относительно *свободы и рока*, относительно *пределов активности материи и движения* и при обсуждении *доказательств, которые дает нам природа в том, что бог постоянно правит вселенной*, Весьма полезно хорошо понимать различие, которое существует между гипотезами или простыми предположениями и законными и несомненными следствиями экспериментальной и математической философии, которые для людей, способных достичь столь высоких знаний, имеют совершенно необычайную силу и преимущество для подтверждения, установления и защиты против всякого рода возражений относительно *великих и основных истин естественной религии*, которые мудрость провидения запечатлела в некоторой мере в умах людей, даже самых ограниченных, которые не обладают той степенью способности, которая нужна для исследования убедительных доказательств.

Первое письмо г. Лейбница

Извлечение письма г-на Лейбница к ее королевскому высочеству 2-же принцессе Уэльской, написанного в ноябре 1715 г.

(Стр. 3—5)

1. Кажется, и сама *естественная религия* приходит в упадок (в Англии). Многие стремятся приписать душе телесные свойства; другие же самого бога делают материальным.

2. Г-н Локк и его приверженцы, по крайней мере, испытывают сомнения относительно того, не являются ли души материальными и не подвержены ли они *естественной гибели*.

3. Г-н Ньютон говорит, что пространство — это орган, которым бог пользуется, чтобы воспринимать вещи. Но если он нуждается в каком-то средстве, для того чтобы их чувствовать, то, следовательно, они от него зависят всецело и не являются его творением.

4. Г-н Ньютон и его приверженцы имеют еще одно весьма своеобразное мнение о деяниях бога. По их мнению, бог должен время от времени заводить свои часы¹, иначе они перестанут действовать. Он не обладал достаточной предусмотрительностью, чтобы сообщить вечное движение. Эта божественная машина даже настолько несовершенна, по их мнению, что он вынужден от времени до времени исправлять ее путем чрезвычайного вмешательства, подобно часовщику, который будет тем более плохим мастером, чем чаще ему придется прикасаться к делу рук своих и исправлять его. По моему же мнению там вечно продолжает существовать неизменная сила и мощь, которая лишь переходит от материи к материи, следуя законам природы и прекрасному порядку, предустановленному с самого начала. И я считаю, что когда бог творит чудеса, то он делает это не ради поддержания нужд природы, но ради благодати. Мыслить иначе значило бы быть очень низкого мнения о мудрости и могуществе бога.

Первый ответ г-на Кларка.

(Стр. 6).

1. Это правда и это весьма плачевно, что в Англии, как и в других странах, есть люди, отрицающие даже естественную религию или искажающие ее в крайней мере. Но после разнужданий нравов это следует приписывать главным образом ложной философии материалистов, с которой борются математические принципы философии. Правда также, что есть люди, которые душу делают материальной и самого бога телесным; но эти люди открыто объявляют себя противниками математических начал философии, которые являются единственными началами, доказываемыми, что материя является самой малой и наименее значительной частью вселенной.

¹ Г-н Лейбниц, видимо, имеет здесь в виду следующие слова г-на Ньютона: «Так как планеты движутся по весьма эксцентрическим орбитам, в очень разнообразных направлениях, к различным частям неба, то невозможно представить, чтобы слепая неизбежность заставляла все планеты двигаться по концентрическим орбитам в подобных направлениях; если исключить некоторые едва заметные неправильности, которые могут вызываться взаимодействием комет и планет и которые, возможно, будут увеличиваться по мере протечения долгого времени, до тех пор пока эта система не станет нуждаться в том, чтобы ее творец привел ее в прежний порядок». *Прим. издателя писем.*

4. Если среди людей один работник считается по праву тем более ловким, что сделанная им машина дольше сохраняет правильное движение без того, чтобы к ней приходилось касаться, то это потому, что ловкость всех человеческих работников состоит лишь в том, чтобы составлять и соединять некоторые части, обладающие движением, принципы которого совершенно не зависят от работника, как пири и пружины и т. д., силы которых вызываются отнюдь не работником, который лишь приспособляет их и соединяет их между собой. Совершенно иначе обстоит дело в отношении бога, который не только составляет и размещает вещи, но является еще творцом их первоначальных сил, или их движущих сил и сохраняет их постоянно. И, соответственно, говорить, что ничто не делается без его провидения и без наблюдения, отнюдь не значит унижать его дело; скорее это значит показывать величие и совершенство его дела. Идея тех, кто утверждает, что мир есть большая машина, движущаяся без божьего вмешательства, подобно тому как часы продолжают двигаться без помощи часовщика; эта идея, говорю я, вводит материализм и фатализм; и под предлогом сделать из бога, *Intelligentia supra-mundana*¹, она стремится в действительности изгнать из мира божье провидение и управление. Я добавляю, что с тем же правом, по какому философ может вообразить, что в мире со времени его сотворения все происходит без участия провидения, последователю Пиррона² будет нетрудно пойти в своих рассуждениях далее и предположить, что все вечно происходило подобно тому, как оно происходит в настоящее время, без всякой необходимости допускать творение или иного творца мира кроме того, что этот сорт людей называют глубоко мудрой и вечной природой. Если бы король обладал королевством, где все происходило бы без его вмешательства и без его приказаний относительно того, как должны идти дела, то в отношении его это было бы королевством лишь по названию; и он не заслуживал бы названия короля или правителя. И поскольку по праву можно заподозреть, что те, кто считает, что в королевстве все может идти вполне хорошо без вмешательства короля, поскольку можно, говорю я, подозревать, что они были бы не прочь вовсе обойтись без короля, постольку можно сказать что те, кто утверждает, что вселенная не нуждается в том, чтобы господь направлял и правил ею постоянно, выставляют доктрину, которая стремится изгнать его из мира.

¹ Разум, стоящий над миром. Намек на место из «Теодицеи» Лейбница, где он говорит: «согласно нашим озрениям бог есть внемирской разум, или лучше сказать сверхмировой разум». *Прим. ред.*

² Пиррон — философ-софист. *Прим. ред.*

(Стр. 12—15)

1. Вполне правильно говорится в письме, переданном г-же принцессе Уэльской и которое ее королевское высочество благоволила мне послать, что после порочных страстей принципы материалистов сильно способствуют поддержанию безбожия. Но я не думаю, что возможно говорить о том, что математические принципы философии противоположны принципам материалистов. Наоборот, они одинаковы: исключая то, что материалисты, по примеру Демокрита, Эпикура и Гоббса, ограничиваются одними лишь математическими принципами и не допускают ничего кроме тел, а математики-христиане допускают еще субстанции нематериальные. Таким образом не математические начала в обычном смысле этого слова, а принципы метафизические следует противопоставлять принципам материалистов. Пифагор, Платон и отчасти Аристотель имели об этом некоторые познания; но я считаю, что я установил их достаточно убедительно, хотя и в популярном изложении, в моей «Теодицее». Великим основанием математики является принцип противоречия или тождества, т. е., то, что утверждение не может быть правильным и ложным в одно и то же время и что, таким образом, A есть A и не может быть не A . И одного этого принципа достаточно, чтобы доказать всю арифметику и всю геометрию, т. е. все математические принципы. Но для того чтобы перейти от математики к физике, нужен еще другой принцип, как я заметил в моей «Теодицее», — это принцип достаточного основания, т. е. что ничто не происходит без того, чтобы не было основания для того, чтобы это происходило так, а не иначе. Вот почему Архимед, желая перейти от математики к физике, в своей книге о равновесии был вынужден применить особый случай великого принципа достаточного основания. Он принимает за установленное, что, если имеется рычаг, в котором обе части совершенно одинаковы и если подвесить с обеих сторон к обоим концам этого рычага одинаковые грузы, то все останется в покое. Это так, потому что нет никакой причины для того, чтобы опустился один конец, а не другой. Итак, одним этим принципом, именно тем, что нужно, чтобы была достаточная причина того, что вещи существуют так, а не иначе, доказывається божество и все остальное в метафизике или в естественной теологии; и даже некоторым образом доказываются физические принципы, независимые от математики, т. е. принципы динамические или принципы силы.

2. Говорят, что согласно математическим принципам, т. е.

согласно философии г-на Ньютона (ибо математические принципы здесь не решают ничего), материя является наименее значительной частью вселенной. Ибо он допускает помимо материи пустое пространство; а по его мнению материя занимает лишь очень малую часть пространства. Но Демокрит и Эпикур утверждали то же самое, исключая то, что они несколько расходились в этом с Ньютоном и что, быть может, согласно их мнению, в мире имеется больше материи, чем по мнению Ньютона. В этом, я думаю, они были правы, ибо чем больше существует материи, тем больше возможности у бога проявлять свою мудрость и свое могущество: поэтому-то среди прочих аргументов, я утверждаю, что пустоты не существует вовсе.

Второй ответ г-на Кларка

(Стр. 20 — 21)

1. Когда я говорил, что «Математические начала философии» противостоят принципам материалистов, я хотел сказать, что в то время как материалисты предполагают, что структура вселенной могла быть произведена по одним лишь механическим принципам материи и движения, необходимости и предопределения, «Математические начала философии» показывают, наоборот, что положение вещей (строение солнца и планет) могло быть создано лишь причиной разумной и свободной. По отношению к слову математики или метафизика можно называть, если считать это уместным, математические принципы принципами метафизическими, поскольку метафизические следствия явно рождаются из математических принципов. Правда, ничего не существует без достаточной причины и ничто не существует тем способом и не иным, без того чтобы на это имелось также достаточное основание, а следовательно, когда не существует никакой причины, то не может быть никакого действия. Но этим достаточным основанием является часто просто божья воля. Например, если рассудить, почему известная часть или система материи была создана в одном известном месте, а другая — в другом известном месте, тогда как поскольку любое место было абсолютно безразлично для всякой материи, то абсолютно то же самое было бы *vice versa* (наоборот), если предположить, что эти две части материи (или их частицы) подобны; если, говорю я, обсудить это, то не найдется никакой иной причины, кроме простой воли бога. И если бы эта воля никогда не могла действовать, не будучи предопределенной какой-либо причиной, подобно тому как веса не могли бы двигаться, не будь груза, чтобы их наклонить, то бог не имел бы свободы выбора, и это означало бы ввести фатализм.

(Стр. 66—69)

7. Если вселенная в своем протяжении ограничена, то пространство за пределами мира не воображаемо, но реально. Также и пустые пространства в самом мире не воображаемы. Несмотря на наличие световых лучей и, быть может, еще какой-либо материи в небольшом количестве, в сосуде, малость сопротивления ясно показывает, что большая часть этого пространства свободна от материи. Ибо тонкость материи не может быть причиной малого сопротивления. Ртуть состоит из частей не менее тонких и текучих, чем части воды; и, однако, сопротивление ее превышает вдесятеро сопротивление воды. Поэтому-то сопротивление это обусловлено количеством, но не грубостью, материи.

8. Пространство, лишенное тел, есть свойство бестелесной субстанции. Пространство не ограничено телами, но оно равно существует как в самих телах, так и вне их. Не пространство заключено между телами, но сами тела, находясь в бесконечном пространстве, ограничены своими размерами.

9. Пустое пространство не есть сказуемое без подлежащего, ибо под этим мы подразумеваем не пространство, где нет ничего, но пространство, свободное от тел. Бог, без сомнения, присутствует во всяком пустом пространстве; и, быть может, в этом пространстве находятся еще какие-либо нематериальные субстанции, неосознаваемые и невоспринимаемые никакими из наших органов чувств.

10. Пространство не есть субстанция, но атрибут, и если оно — принадлежность существа, существование которого необходимо, то оно и должно (как и все атрибуты подобного существа) существовать с большей необходимостью, нежели сами субстанции, которые не необходимы. Пространство огромно, неподвижно и вечно; и то же самое следует сказать о длительности. Но отсюда не следует еще, что существует что-либо вечное вне бога. Ибо пространство и длительность не суть вне бога: они — непосредственное и необходимое следствие его существования, без которых он не мог бы быть вечным и вездесущим.

(Стр. 79—81)

45. Справедливо, что если бы тело могло притягивать другое без посредства чего-либо постороннего, это было бы не чудом, но противоречием, ибо значило бы, что вещь действует там, где ее нет. Но средство, с помощью которого два тела притягивают друг друга, может быть невидимым и неосознаваемым и обладать природой, отличный от механического устройства, что не

мешает тому, чтобы постоянное и регулярное действие могло называться естественным, ибо оно много менее удивительно, чем движение животных, которое, однако, как чудо никто не принимает.

46. Если термином «естественные силы» обозначить здесь силы механические, все животные, не исключая и человека, окажутся чистыми машинами подобно часам. Но если термин этот не обозначает механические силы, то тяготение может быть вызвано силами *правильными и естественными*, хотя бы и не механической природы.

Пятое письмо Лейбница

(Стр. 97 — 99)

33. Так как пространство само по себе есть вещь идеальная; как время, то необходимо, чтобы пространство за пределами мира было мнимым, как это было признано уже схоластами. То же относится к пустому пространству внутри мира; его я считаю мнимым еще по причинам, высказанным мною выше.

34. Мне возражают, приводя пустоту, изобретенную Герике в Магдебурге, которая получается при выкачивании воздуха из сосуда, и утверждают, что в сосуде имеется действительная пустота, т. е. пространство, совершенно свободное от материи, по меньшей мере частично. Аристотелианцы и картезианцы, которые не допускают действительной пустоты, ответили на этот опыт Герике, так же как и на опыт Торричелли во Флоренции (выгонявшего воздух из стеклянной трубки с помощью ртути) тем, что ни в трубке, ни в сосуде пустоты в действительности совсем не было, ибо стекло обладает тонкими порами, через которые могли проникать лучи света, магнитные лучи и другие очень тонкие вещества. И я согласен с их мнением, находя, что сосуд можно было бы сравнить с ящиком, изрешеченным дырами, помещенным в воду, полную рыб или других грубых тел; удалив эти грубые тела, мы не освободили бы, однако, ящик от воды. Различие, однако, в том, что вода, будучи более послушной и подвижной, нежели грубые тела, обладает такой же, если не большей, массивностью; тогда как материя, которая входит в сосуд вместо воздуха, гораздо тоньше его. Новые сторонники пустоты отвечают на это, что не степень грубости, а только количество материи обуславливает ее сопротивление; и следовательно, где меньше сопротивления, там больше пустоты. К этому добавляют, что тонкость не имеет значения, что части ртути так же тонки, как части воды, и что тем не менее сопротивление ртути в десять раз превышает сопротивление воды. На это я отвечаю, что сопротивление обуславливается не столько количеством материи, сколько трудностью, с какой она поддается

проникновению. Например, плавающая в воздухе дерево содержит меньше тяжелой материи, чем равный объем воды, и тем не менее оно оказывает больше сопротивления судну, чем эта последняя. (Стр. 110)

48. Наконец, если пространство, свободное от тел (которое можно вообразить), не пусто, то чем-же оно наполнено? Быть может, там существуют имеющие протяжение духи или нематериальные субстанции, способные сокращаться и расширяться, блуждающие там и проникающие друг в друга без затруднений, как тени двух тел проникают друг в друга на стене. Я предвижу возвращение занятых предположений покойного Генри Мисра (человека весьма образованного и добрых к тому же намерений) и некоторых других, думавших, что духи эти могут становиться непроницаемыми, когда им захочется. Были даже такие, которые вообразили, что человек до прехопадения также обладал даром проникновения, но что после падения он стал твердым, непрозрачным и непроницаемым. Не значит ли это исказить, самые понятия вещей, давать богу части, придавать духам протяженность? Единственный закон необходимости достаточного основания, может рассеять эту игру воображения. Человек очень легко создает себе фикции, лишь только он отделяется от этого великого принципа.

(Стр. 112 — 114)

52. Чтобы доказать мне, что пространство, свободное от тел, представляет некоторую абсолютную реальность, мне возражали, что конечная материальная вселенная могла бы блуждать в пространстве. Я ответил, что мне не кажется возможным, чтобы материальная вселенная была конечной; и если бы это представить себе, то единственным возможным движением в мире было бы движение его частей друг относительно друга, ибо иначе движение не производило бы никаких изменений, доступных наблюдению, и было бы бесцельно. Иначе обстоит дело при перемещении частей относительно друг друга, ибо здесь можно различить, движение в пространстве, которое состоит в изменении порядка соотношений. Здесь отвечают, что истинность движения не зависит от наблюдения и что корабль может двигаться, а сидящий в нем не замечать того. Я отвечаю, что движение независимо от наблюдателя, но отнюдь не независимо от наблюдаемости. Не существует движения там, где нет изменения, доступного наблюдению. И даже больше: там, где нет доступного наблюдению изменения, нет изменения и вовсе. Противное основано на представлении абсолютного реального пространства, которое я отверг с помощью доказательства, основанного на принципе необходимости достаточного основания вещей.

53. Я не нахожу ничего в восьмом определении «Математических начал Природы», а также в схолии этого определения, что доказывало бы или могло бы доказать реальность пространства самого по себе. Однако я согласен, что есть различие между абсолютным истинным движением тела и простым изменением положения относительно другого тела. Ибо, когда непосредственная причина изменения заключена в теле, оно находится в истинном движении; и тогда положение других тел относительно него также изменяется, хотя причина изменения и не заключена в них. Правда, что в точном смысле не существует тел, которые находились бы полностью в совершенном покое, но это предполагают в абстракции при рассмотрении вопросов с точки зрения математики. Таким образом я ничего не оставил без ответа из того, что было выдвинуто для доказательства абсолютной реальности пространства. И я доказал неправильность такой реальности, исходя из основного принципа, принадлежащего к числу наиболее разумных (естественных) и испытанных и из которого нельзя найти исключений. Наконец из всего, что я сказал, можно легко заключить, что я не должен допускать ни движущейся вселенной, ни возможности существования какого-либо места вне материального мира.

(Стр. 119)

62. Я вовсе не говорю, что материя и пространство — это одно и то же. Я только утверждаю, что там, где нет материи, нет и пространства; и что пространство само по себе не есть абсолютная реальность. Пространство и материя отличаются как время и движение. Однако объекты эти хотя и различной природы, но неотделимы друг от друга.

(Стр. 121)

67. Части пространства определяются и различаются лишь вещами, которые в них находятся, и разнообразие вещей в пространстве определяет различное воздействие бога на различные части пространства. Но пространство, взятое без вещей, не представляет собой ничего определяющего и даже ничего действительного.

(Стр. 135)

99. Я не берусь здесь устанавливать мою динамику или мою доктрину сил: задача эта не соответствует месту. Однако я могу очень хорошо ответить на сделанное мне замечание. Я утверждал, что активные силы сохраняются в мире. Мне замечают что при столкновении двух неупругих или мягких тел сила теряется. Я отвечаю отрицательно. Правда, целое теряет при этом часть его общего движения, но части получают эту силу, будучи

внутренне возбуждены силой столкновения. Таким образом эта убыль только кажущегося характера. Силы не уничтожаются, но распределяются между большим количеством мелких частей. Это не значит терять их, но происходит нечто подобное размену крупной монеты на мелочь. Однако я попрежнему согласен с тем, что количество движения не остается постоянным; в этом я согласен с тем, что сказано на стр. 341 «Оптики» Ньютона¹. Но я уже показал в другом месте², что существует разница между количеством движения и количеством продвижения.

(Стр. 136)

100. Мне также говорили, что сила в материальном мире уменьшается естественным путем и что это происходит из зависимости вещей. В третьем моем ответе я потребовал, чтобы мне доказали, что этот недостаток действительно имеет причиной взаимозависимость вещей. Однако от ответа на этот вопрос уклоняются в сторону, заявляя, что это не является недостатком. Но независимо от того, недостаток это или нет, следовало доказать, что это — следствие взаимозависимости вещей.

101. Однако следует заключить, что то, что делает машину мироздания столь же несовершенной, как и производство дурного часовщика, должно быть названо недостатком.

102. Теперь мне говорят, что это является следствием инерции материи; однако это положение не более доказуемо. Инерция эта, выдвинутая и названная Кеплером и упоминаявшаяся Декартом в его «Письмах» и которой я воспользовался в «Теодицее», чтобы дать картину и образец природного несовершенства созданий, инерция эта производит единственное действие, именно, что скорости уменьшаются при увеличении масс, однако силы остаются неизменными.

(Стр. 141)

112. В хорошей философии и в здравой теологии следует различать то, что может быть объяснено природой и силой существ и тем, что не может быть объяснено иначе, как силами бесконечной субстанции. Нужно разделять бесконечным расстоянием деяния бога, которые простираются за границы природных сил, и действия вещей, подчиняющиеся законам, данным им богом, который сделал их способными следовать этим законам по их природе, хотя и с его помощью.

113. Сюда относятся притяжения и другие действия, необъяснимые природой созданий, которые приходится объяснять чу-

¹ См. отрывки из «Оптики» Ньютона на стр. 722 сборника *Прим. ред.*

² См. «Динамику» Лейбница на стр. 384 и след. сборника. *Прим. ред.*

дом или же прибегать к нелепостям, т. е. к скрытым качествам схоластиков, которые нам начинают излагать под особым названием «силы», но которые возвращают нас в царство мрака. Это *inventa fruge glandibus vesci* (дословно: найдя плод, питаться желудями — *Ред.*).

114. Во времена г-на Бойля и других достойных людей, которые процветали в Англии в начале царствования Карла Второго, не осмелились бы излагать нам столь пустые понятия. Я надеюсь, что это прекрасное время вернется при таком превосходном правительстве, каким является наше нынешнее, и что умы, несколько излишне отвлеченные бедственными временами, вернутся к делу лучшего развития основательных знаний. Основной заслугой г-на Бойля было внушить, что в физике все происходит механически. Но несчастье людей заключается в том, что им в конце концов становится противен сам разум, что свет надоедает им. Химеры начинают возвращаться и нравятся, так как в них находят что-то чудесное. В философской области происходит то же, что произошло в области поэтической. Хорошие романы, как *Clelie* или *l'Aramene*¹, надоели, и с некоторого времени возвратились к волшебным сказкам.

115. Что касается движения небесных тел и еще более возникновения растений и животных, то здесь нет ничего, что бы можно было приписать чуду, за исключением начала этих вещей. Организм животных является механизмом, предполагающим божественное сотворение; то, что отсюда следует, совершенно естественно и совершенно механично.

116. Все происходящее в теле человека и в теле всякого животного так же механично, как и то, что происходит в часах. Разница здесь лишь та, которая должна необходимо существовать между машиной, изобретенной богом, и делом мастера, столь ограниченного, как человек.

(Стр. 144 — 146)

118. Я возразил, что собственно притяжение есть понятие схоластическое и было бы действием на расстоянии *без какого-либо посредства*. Здесь отвечают, что притяжение *без посредства* было бы противоречием. Прекрасно, но как же понимать то, что солнце должно притягивать земной шар через пустое пространство? Может быть бог служит здесь посредником? Но это было бы чудом, если таковое когда-либо имело место. Это бы превосходило силы его созданий.

119. Или, быть может, этим предполагаемым посредником являются какие-либо нематериальные субстанции или какие-то

¹ Два популярных в XVII в. романы. Прим. ред.

бестелесные лучи, или какое-либо явление без вещества, что-либо как бы преднамеренное или еще что-либо, я не знаю что, вещи, запас которых в голове кажется еще достаточно велик, но которые нет возможности как следует объяснить.

120. Говорят, что этот способ сообщения невидим, неосознаем и немеханичен. С тем же правом можно было бы прибавить — необъясним, непонятен, ненадежен, неоснователен, беспримерен.

121. Но он правилен, говорят они, он постоянен и, следовательно, естественен. Я отвечаю, что он не мог бы быть правильным, не будучи разумным, и не мог бы быть естественным, не будучи объяснимым природой творений.

122. Если это средство, дающее место действительному притяжению, постоянно и в то же время необъяснимо силами творений и если при всем том оно существует, то это — непрекращающееся чудо, а если чуда здесь нет, то значит оно ложно. Это вещь химерическая, скрытое схоластическое свойство.

123. Это подобно тому, как если бы тело двигалось по кругу, не отклоняясь по касательной, без существования чего-либо поддающегося объяснению, чтобы мешало ему это сделать. Этот пример я уже приводил и на него не последовало ответа, так как он слишком ясно показывает разницу между действительным свойством, с одной стороны, и скрытым химерическим качеством школ — с другой.

124. Естественные силы тел все подчиняются механическим законам, а естественные силы духовных начал всецело подчинены моральным законам. Первые следуют порядку действующих причин, а вторые — порядку конечных причин. Первые действуют несвободно, как часы, вторые же действуют свободно, хотя они точно согласуются с тем родом часов, которые другая высшая свободная причина заранее к ним приноровила.

Пятый ответ г-на Кларка

(Стр. 160 — 161).

53. Так как ученый автор вынужден здесь признать, что между абсолютным движением и движением относительным существует разница, то мне кажется, что отсюда необходимо следует, что пространство является вещью, совершенно отличной от положения или от порядка тел. Об этом читатели смогут судить, сравнивая то, что говорит здесь автор, с тем, что можно найти в «Началах» г-на Ньютона (кн. 1, опред. 8).

МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ
КРИТИКА НЬЮТОНОВСКОЙ КОНЦЕПЦИИ МАТЕРИИ
ДВИЖЕНИЯ В XVII в.

1. Джон Толанд, Письма к Серене.
2. Пьер Симон де Лаплас, Изложение системы мира.
Седьмое примечание к «Системе мира».
3. Иммануил Кант, Общая естественная история и теория
неба.