

ФИЛОСОФИЯ И НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ

А.А. Парамонов

ЗАПОЗДАЛАЯ КОЛЛИЗИЯ* К ИСТОРИИ ОДНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Парамонов Андрей Альбертович – кандидат философских наук, научный сотрудник. Институт философии РАН. Российская Федерация, 109240, г. Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1; e-mail: andrei-paramonov@yandex.ru

В статье проводится анализ одного исторического казуса, на который в свое время обратил внимание английский физик-теоретик и историк науки Джулиан Барбур. Это событие относится к началу XIX в., к первым этапам создания Общей теории относительности, когда Альберт Эйнштейн формулирует ставший знаменитым «принцип Маха», полагая, что тем самым выражает идеи Эрнста Маха об «относительности инерции». Казус состоит в том, что совпадение в суждениях Эйнштейна и Маха по этому вопросу существует лишь на уровне терминологии: говоря об инерции, каждый из них подразумевал под этим разные физические явления. Не последнюю роль в этом сыграла семантическая неопределенность понятия инерции, существовавшая как тогда, так и продолжающая существовать в современном языке науки. Такое терминологическое противоречие между Эйнштейном и Махом кажется случайным и поверхностным, однако, как показывает проведенный анализ, оно лишь неожиданное проявление обстоятельств, случившихся значительно раньше, но оставшихся незамеченными. Такого рода неожиданное событие, как полагает автор, можно назвать «запоздалой коллизией», заимствуя этот термин из наук о сетях. Автор обращается к возможным истокам возникновения семантической неопределенности термина «инерция». В центре внимания – история возникновения термина «инерция» у Кеплера, анализ терминов, которые выбирает Исаак Ньютон для своего определения инерции и формулировки Первого закона движения, формулировка Первого закона природы у Декарта и, в частности, вызывавшая трудности у переводчиков ньютоновских «Начал» фраза “quantum in se est”. Проведенный анализ позволяет предположить, что семантическая неопределенность понятия инерции связана с той ролью, которую это понятие выполняет в начатом Ньютоном свертывании декартовских символических форм, схватывающих событие знания, в операциональный язык познания.

Ключевые слова: Кеплер, Декарт, Ньютон, Мах, Эйнштейн, принцип Маха, закон природы, инерция, quantum in se est, запоздалая коллизия

* Термин «запоздалая коллизия» возник в науках о сетях. Так называют ситуацию, с которой часто сталкивались разработчики первых интернет-технологий, когда на сетевое приемное устройство (хаб) в одно и то же время приходят информационные пакеты от двух и более источников, а поскольку одновременно можно обработать только один пакет, в системе возникает сбой. Случившееся, однако, заключается не просто в констатации частного технического несовершенства системы, а в том, что событие, которое обнаружило себя как сбой, случилось раньше, коллизия возникла уже в момент отправки сообщений, но системе об этом стало известно лишь тогда, когда информационные пакеты достигли хаба.

Слова имеют историю...

Александр Койре

В истории научной мысли встречаются ситуации, когда то, что, казалось бы, выглядит незначительным и возникает в силу каких-то случайных обстоятельств, есть лишь фиксация того, что произошло значительно раньше, но оставалось до поры непроявленным и имеет совершенно иные основания. В отношении таких поверхностных событий образ запоздалой коллизии обладает, на наш взгляд, определенным собирательным потенциалом. Таким случаем запоздалой коллизии может быть назван относительно недавний исторический казус, обнаруженный английским физиком и историком науки Джулианом Барбуром.

Принцип Маха и семантическая неопределенность

Занимаясь вопросом нахождения полностью реляционного описания динамических систем, Джулиан Барбур обратился, в частности, к истории возникновения принципа Маха¹, сформулированного А. Эйнштейном в 1918 г.²

Суть этого принципа, фактически придавшего в начале XX в. космологии статус научной дисциплины, состояла в предположении зависимости инерциальной массы любого тела от масс всех тел, существующих во Вселенной. Именно эта космологическая гипотеза, или идея «относительности инерции», как это звучит в более ранних работах Эйнштейна, определяла эвристику построения модели пространственно замкнутой сферической Вселенной, которую он предложил в 1917 г.

Вряд стоит сомневаться, что Эйнштейн, вынося в название принципа имя Эрнста Маха, полагал, что в этом принципе выражены именно те идеи, которые выдвигал последний. Об этом свидетельствует, например, его статья 1912 г., в которой Эйнштейн выражал свое безусловное согласие со «смелой мыслью Маха» о том, что «причиной инерции является взаимодействие материальной точки со всеми остальными массами»³.

Однако проведенный Джулианом Барбуром сравнительный анализ ранних космологических работ Альберта Эйнштейна и критических замечаний Эрнста Маха относительно некоторых положений механики Ньютона позволяет утверждать, что Эйнштейн, говоря об инерции, понимал под этим термином совсем не то физическое явление, которое имел в виду, используя этот же термин, Мах. Совпадение существовало лишь на уровне слов, которыми Эйнштейн и Мах выражали свои идеи, но Эйнштейн под инерцией подразумевал инерциальную массу тела, а Мах – инерциальное движение⁴. И поэтому космологическая гипотеза, которую можно выдвинуть на основании

¹ См.: *Barbour J.* The part played by Mach's Principle in the genesis of relativistic cosmology // *Modern Cosmology in Retrospect.* Camb., 1990. P. 47–66; *Barbour J.* Absolute or Relative Motion: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and Structure of Dynamical Theories. Vol. 1: The Discovery of Dynamics. Camb., 1989.

² *Эйнштейн А.* Принципиальное содержание обобщенной теории относительности // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 1. М., 1965. С. 613.

³ *Эйнштейн А., Гроссман М.* Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения // Там же. С. 230.

⁴ Дополнительные аргументы в пользу догадки Барбура приводит, в частности, историк науки Макс Джеммер. См.: *Jammer M.* Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy. Princeton, 2000. P. 143–150.

идей Маха, должна была бы отличаться от той, которую Эйнштейн выразил в предложенном им принципе Маха. И дело здесь не в различии научных парадигм, по которым можно бы развести их взгляды и соответственно наделить различно толкуемой терминологией, и даже не в том, что Эйнштейн как-то исказил взгляды Маха или не понял его. Эйнштейн, считает Барбур, оказался «жертвой семантической путаницы»⁵. Дело в том, что в научном языке того времени, как, впрочем, и в языке современной физики, за термином «инерция» скрываются два совершенно разных явления⁶. Так, инерцией называют свойство тела двигаться прямолинейно и равномерно или находиться в покое при отсутствии воздействия на него внешних сил (собственно в этом и состоит первый закон динамики, или, если следовать терминологии Ньютона, первый закон движения, который уже давно называют законом инерциального движения). Но инерцией называют также и свойство тела оказывать сопротивление попыткам изменить его состояние, такое поведение тела связывают с его массой и, говоря об инерции в этом смысле, фактически подразумевают массу как меру инерции (отсюда понятие инерциальной массы).

Эта семантическая неопределенность термина сложилась давно, и физики вполне с ней справляются. Интересно то, что обнаруженная Барбуром коллизия в эйнштейновской формулировке принципа Маха оставалась незамеченной научным сообществом более 70 лет.

Действительно, обращал ли внимание кто-либо из физиков или историков науки на этот «семантический» казус в эйнштейновской формулировке до Барбура? Вероятно, нет. Правда, известный физик-теоретик и историк науки Абрахам Пайс в своей книге об Альберте Эйнштейне “Subtle is the Lord...”, разбирая начальные этапы становления ОТО, замечает, что Мах, обсуждая легендарный ньютоновский «эксперимент с ведром»⁷, говорит только о законе движения. Пайс обращает внимание на слова Маха о том, что в утверждении о сохранении телом своего движения и направления движения уже содержится указание на то, что во внимание принимается «весь мир». Проследивая ход рассуждений Маха, Пайс приходит к выводу, что Мах фактически дает «собственную версию закона инерции» для тел, движущихся относительно фиксированных звезд, и что, скорее, следует говорить, что Мах «открыл закон инерции Маха, а не принцип Маха». Но Пайс не развивает эту тему дальше, завершая ее шуткой, что рассуждения Маха по своей глубине и туманности сродни Священному Писанию⁸.

С точки зрения Барбура, обнаруженная им «семантическая путаница» открывает возможность иной космологической гипотезы, отличной от той, что предполагалась принципом Маха, как он был сформулирован Эйнштейном. Гипотеза состоит в том, что инерциальное движение является результатом взаимодействий масс Вселенной. Теоретические разработки Дж. Барбура и его коллег в области динамических теорий демонстрируют на сегодняшний день богатый научный потенциал такой реляционной идеи⁹. Однако анализ этих работ – тема другого исследования.

⁵ Barbour J. The part played by Mach's Principle in the genesis of relativistic cosmology. P. 52.

⁶ Как отмечает Дж. Барбур, в начале XX в. такая двойственность была особенно характерна для немецкой научной среды.

⁷ Речь идет об эксперименте, в котором Ньютон на примере вращательного движения демонстрировал эффекты, позволяющие, как он считал, различить абсолютное движение и относительное. См.: Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М., 1989. С. 34–37.

⁸ Pais A. “Subtle is the Lord...” Oxf., 1982. P. 284.

⁹ С теоретическими работами Дж. Барбура и его коллег можно ознакомиться на сайте: www.platonina.com.

Ленность. Trägheit

Какова же история возникновения столь, как оказалось, «неопределенно-го» термина «инерция»?

Как отмечает Дж. Барбур¹⁰, впервые слово Trägheit (ленность – нем.) (позднее его сменяет латинское – inertia) встречается в небольшой работе Кеплера 1609 г., написанной на немецком языке¹¹. Кеплер называет инерцией своего рода «леность» или «медлительность» тела, проявляющуюся в стремлении к покою, которое проявляет тело, которому сообщается движение. Введение такого представления оказывается для Кеплера необычайно продуктивным.

Как известно, в первоначальном варианте «гелиоцентрической» системы Коперника планеты вместе с Солнцем вращались по своим орбитам вокруг некоторой точки в пространстве, при этом Солнце в силу своих относительно больших размеров зачастую даже не изображалось на схеме. Идея наделения тел качеством инерции позволила Кеплеру поставить вопрос об источнике силы, которая оказывалась бы необходимой для преодоления инерции планет при движении по орбитам, и утвердить в качестве источника этой движущей силы Солнце, поместив его в центр системы. В результате последующего анализа эмпирических данных Кеплер, опираясь на эту схему, приходит к необходимости преобразования круговых орбит движения планет в эллиптические, в общем фокусе которых расположено Солнце.

С представлением Кеплера об инерции не соглашается Декарт, который считает, что для объяснения поведения тел недопустимо вводить внутренние скрытые качества, к каковым он относит, в частности, инерцию. Тему инерции он затрагивает лишь в письмах, да и то очень кратко, отвечая на вопросы своих корреспондентов. Но именно из этой переписки, опубликованной вскоре после смерти Декарта, идея Кеплера об инерции становится известной Ньютоному¹².

Представление об инерции получает у Ньютона новое наполнение. В «Математических началах натуральной философии» (1667) он вводит представление об инерции как некоторой внутренней силе материи (*materia vis insita*):

Определение III

Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно предоставлено самому себе, удерживает свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Эта сила всегда пропорциональна массе, и если отличается от инерции массы, то разве только воззрением на нее¹³.

Как можно понять из этого определения, врожденная сила удерживает состояние тела, которое свободно от внешнего влияния (или, следуя русско-му переводу, «предоставлено самому себе»).

Это определение практически в точности соответствует первому закону движения, который Ньютон формулирует в последующем тексте «Начал»:

¹⁰ Barbour J. Absolute or Relative Motion. P. 328.

¹¹ Kepler J. Antwort auf Roeslim Diskurs // Kepler J. Gesammelte Werke. Bd. 4. München, 1941. S. 107.

¹² Койре А. Ньютон и Декарт // Койре А. Очерки истории философской мысли. М., 1985. С. 254.

¹³ Ньютон И. Указ. соч. С. 25.

Первый закон движения

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние¹⁴.

Однако в разъяснениях к «Определению III» Ньютон указывает, что сила инерции тела обнаруживает себя только в качестве реакции на внешнее воздействие:

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 изменение в его состоянии¹⁵.

Согласно такому разъяснению, под инерцией следует понимать уже не склонность тела противиться движению, как предполагал Кеплер в своем представлении инерции, а свойство тела сопротивляться изменению движения. Это, однако, входит в противоречие с первым предложением «Определения», поскольку в отсутствие внешних сил, т. е. когда тело «предоставлено самому себе», эта способность сопротивления и, соответственно, удерживающая «врожденная сила» очевидно отсутствуют.

Если мы обратимся к латинскому оригиналу ньютоновских «Начал», то обнаружим, что, согласно Ньютону, инерция представляет собой способность (*potentia* – так переводилась на латынь, в частности, греческая *dynamis*) сопротивления, благодаря которой тело продолжает находиться не просто в движении или покое, а в своем состоянии или, точнее, статусе (*status suo*) движения и покоя, и не просто находиться в этом статусе, а упорствовать (*persevere*) в нем, причем каким-то особым образом, а именно “quantum in se est”:

Definitio III.

Materiae vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquoque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.

<...> *Unde vis insita nomine significantissimo vis Inertiae dici possit*¹⁶.

Как уже было сказано, содержание этого определения почти дословно воспроизводится в Первом законе движения:

Lex I.

*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare*¹⁷.

Переводчик «Начал», академик А.Н. Крылов, в своих обстоятельных комментариях к тексту обращает внимание на многозначность отдельных слов и выражений, используемых Ньютоном. В отношении двух вышеприведенных фрагментов он замечает:

Как в этом определении, так и при формулировке первого закона движения Ньютон пользуется глаголом “perseverare”, включающем в себя не только понятие о сохранении чего-либо, но еще и понятия о длительности и упорстве такого сохранения, поэтому слова “perseverare in statu suo” наиболее точно передаются словами: «продолжает упорно пребывать в своем состоя-

¹⁴ Ньютон И. Указ. соч. С. 39.

¹⁵ Там же. С. 25.

¹⁶ Newton I. Philosophiae naturalis principia mathematica. 3th ed. Camb. (Mass.), 1972. P. 40.

¹⁷ Ibid. P. 54.

нии»... <...> Вообще латынь Ньютона отличается силою 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 “deviatur” – «отклоняется», а “retrahitur” – «оттягивается»; про силу не говорится просто, что она прикладывается, “applicatur”, к телу, а “imprimatur”, т. е. «вдавливается» или «втискивается» в тело и т. п. В переводе принята менее выразительная, но общеупотребительная теперь терминология¹⁸.

Обращая пристальное внимание на глагольную составляющую текста, А.Н. Крылов, однако, оставляет без комментариев другие, быть может, менее выразительные, но не менее трудные для понимания языковые обороты. Например, не вызвало у него сомнения толкование выражения “quantum in se est”, что, вероятно, можно объяснить тем, что во второй части «Начал» Ньютон, напоминая содержание Первого закона движения, использует в отношении движущегося тела выражение “sibimet ipsi jam relictum”¹⁹, калькой с которого и будет предложенный переводчиком вариант перевода “quantum in se est” как «предоставленное самому себе».

Quantum in se est

Историк науки, профессор И. Бернард Коэн, известный исследователь творчества Исаака Ньютона, подготовивший совместно с Александром Койре последнее комментированное латинское издание «Начал» Ньютона (1972), один из авторов нового английского перевода «Начал» (1999), опубликовал в свое время статью, озаглавленную «“Quantum in se est”: ньютоновская концепция инерции в связи с Декартом и Лукрецием»²⁰. Статья начинается словами:

Порой в исследовании развития науки одно-единственное предложение или фраза может дать ключ к глубинным истокам творческой научной мысли²¹.

Такой фразой из ньютоновских «Начал», по мнению Коэна, вовлекающей нас в неожиданное и драматичное путешествие к скрытым истокам одного из важнейших понятий Ньютона – инерции, оказывается выражение “quantum in se est” из «Определения III».

Сравнивая варианты переводов этой фразы на английский, французский и немецкий языки, Коэн обнаруживает явные затруднения с ее толкованием, зачастую перевод сводился к простому калькированию. Так, в первом опубликованном английском переводе Эндрю Мотта (Andrew Motte, 1729) фраза звучит как “as much as in it lies”²² (настолько, насколько в нем есть), но в кратком изложении ньютоновских «Начал» Джона Кларка (John Clarke, 1730) предложено иное толкование: “as far as it can” (насколько оно может). В переводе на немецкий J. Ph. Wolfers (1872) – “soweit es an ihm ist” (насколько это у него есть), Konrad Zindler (1899) – “soweit es auf ihn ankommt” (насколько это от него зависит). Во французском переводе маркизы дю Шантель (Gabrielle-Emilie de Breteuil, Marquise du Châtelet, 1759) – “autant qu’il peut” (насколько

¹⁸ Ньютон И. Указ. соч. С. 25.

¹⁹ “... (per leg. I) corpus <...> sibimet ipsi jam relictum vel quiescet, vel movetur uniformiter in directum...” (Newton I. Op. cit. P. 94).

²⁰ Cohen I.B. “Quantum in se est”: Newton’s Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius // Notes and Records of the Royal Society of London. 1964. No. 10. P. 131–155.

²¹ Ibid. P. 131.

²² Ibid. P. 133.

оно может), но в черновом варианте этого же перевода до его правки математиком Алексисом Клеро (Clairault), близким к ньютоновскому кругу, – “de lui-même” (само по себе). Порой трудности перевода разрешались кардинально. Так, в третьем немецком издании «Начал» в переводе Артура фон Эттингена (Arthur v. Oettingen, 1914), подготовленном для инициированной Вильгельмом Освальдом серии научной классики, эта фраза была просто опущена²³.

Вслед за Александром Койре, который обратил внимание на совпадение нескольких характерных слов в формулировке закона Ньютона с формулировкой Первого закона природы Декарта²⁴, Коэн полагает, что есть все основания считать, что источником выражения “quantum in se est”, которое вызвало столько «затруднений» у переводчиков «Начал», послужили «Первоначала философии» Рене Декарта. Действительно, эту же фразу Декарт использовал в формулировке своего Первого закона природы (1644):

*Prima lex naturae: quod unaquaeque res, quantum in se est, semper in eodem statu perseveret, sicque semel movetur, semper moveri perga*²⁵.

(Первый закон природы: всякая вещь, поскольку она есть, постоянно упорствует в одном и том же состоянии, и однажды приведенное в движение постоянно продолжает двигаться.)

И хотя Ньютон использует выражение “quantum in se est” только в определении внутренней силы или силы инерции, он формулирует аксиомы, которые называет, как и Декарт, законами, но не природы, как это было у последнего, а движения²⁶.

Коэн приводит ряд документальных подтверждений того, что Ньютон, несмотря на публичное отрицание своего знакомства с работами Декарта, внимательно читал их²⁷.

В результате своего исследования Коэн приходит к выводу, что можно указать по крайней мере два возможных варианта толкования интересующей нас фразы.

Один из них он связывает с французским переводом декартовских «Первоначал»²⁸, в котором фраза “quantum in se est” из Первого закона природы передана как “qu’il se peut”, что, по мнению Коэна, можно истолковать как выражение ограниченности способности тела что-либо делать. Что в контексте ньютоновского определения инерции означает ограниченность способности тела сохранять свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при воздействии на тело внешней силы.

Но существует и иное прочтение, которое может быть соотнесено с другим вероятным источником этого выражения, в качестве которого Коэн называет поэму Лукреция «О природе вещей». Коэн приводит документальные свидетельства того, что и Декарт, и Ньютон были знакомы с текстом поэмы. Как свидетельствуют архивные документы, Ньютон знал о Лукреции еще до написания «Начал», а позднее, в начале 1690-х гг., интенсивно изучал текст Лукреция.

²³ Cohen I.B. Op. cit. P. 134–135.

²⁴ Койре А. Указ. соч. С. 213.

²⁵ Descartes R. Oeuvres. T. VIII: Principiorum Philosophie. P., 1905. P. 62.

²⁶ О вероятном заимствовании Ньютоном термина «закон» у Декарта см. также: Ruby J.E. The Origins of Scientific Law // Journal of the History of Ideas. 1986. Vol. 47. No. 3. P. 357–358.

²⁷ Cohen I.B. Op. cit. P. 136.

²⁸ Речь идет о прижизненном переводе «Первоначал», вышедшем в Париже в 1647 г. Можно уверенно говорить, что Декарт был знаком с переводом первой и второй части книги, в которые он внес некоторые изменения и дополнения. Законы природы формулируются во второй части книги.

Действительно, выражение “*quantum in se est*” Лукреций использует в поэме четыре раза, причем в контексте описания падения тяжелых тел, которые не встречают на своем пути препятствий²⁹. Однако Коэн не считает возможным говорить о прямом заимствовании Декартом или Ньютоном фразы у Лукреция. Но факт использования Лукрецием этой фразы открывает, на его взгляд, возможность узнать, как эта фраза могла пониматься во времена Декарта или Ньютона, и с этой целью Коэн обращается к комментированным изданиям поэмы, выходявшим в то время.

Первое комментированное издание поэмы «О природе вещей» относится к 1511 г. В 1563–64 гг. выходит новое издание под редакцией профессора Сорбонны **Denys Lambinus**, в котором текст поэмы сопровождается детальными комментариями общим объемом около 200 тысяч слов. Коэн называет еще несколько изданий поэмы, среди которых и первое напечатанное в Англии (под редакцией Tannequy Lefevre (Faber), 1675), экземпляр которого был в библиотеке Ньютона.

Интересно, что фраза “*quantum in se est*” не осталась без внимания комментаторов. Так, Lambinus (1563) истолковывает фразу “*quantum in se est*” как “*sua vi*” или “*sponte vi*”, т. е. «собственной силой» или «без посторонней помощи». Faber (1675, 1680) дополняет значение “*sua vi*” оттенком «естественности», следуя оппозиции аристотелевской физики «естественное – вынужденное». M. Fray (1680) предлагает три прочтения: подобно предыдущим толкованиям – “*sua vi, ex natura sua*” (собственной силой, по своей природе³⁰), но добавляет также еще и прочтение, схожее с французским переводом «Первоначал» Декарта, – “*quantum possunt*” (насколько могут).

Проблема перевода “*quantum in se est*”, с которой столкнулись переводчики в тексте «Начал» Ньютона, – заключает Коэн, – состояла в том, что они не смогли подобрать в современном им языке соответствующие выражения, в которых бы как в латинском оригинале содержались одновременно оба значения: и «своей собственной силой», и «насколько возможно»³¹. В то же время Коэн согласен, что есть скрытая неопределенность понятия инерции в определении Ньютона³².

Доводы Коэна убедительны, и можно согласиться, что и тот, и другой смысл содержится в “*quantum in se est*”. Однако, на наш взгляд, проблема перевода состояла не просто в сложности этой фразы и не столько в трудностях нахождения нужных языковых эквивалентов, сколько в смысловой неопределенности самого этого выражения в тексте Ньютона. А он, как известно, уделял чрезвычайное внимание формулировкам и тщательно подходил к подбору терминов.

²⁹ Cohen I.B. Op. cit. P. 143–144.

³⁰ Русский перевод А.Н. Крылова «поскольку оно предоставлено самому себе» можно отнести к этой линии.

³¹ Cohen I.B. Op. cit. P. 148.

³² Действительно, Ньютон не раз использует выражения: «тело под действием только врожденной силы», «тело движимое лишь врожденной силой» в случаях описания движения без внешнего воздействия. Можно предположить, что неопределенность ньютоновской формулировки отчасти обусловлена сложной историей формирования представления. Как свидетельствует Джон Хэривелл (*Herivel J. The Background of Newton's Principia. Oxf., 1965*), который тщательным образом исследовал рукописи Ньютона, первоначально Ньютон понимал инерцию в духе теории «импетуса» Ж. Буридана, т. е. в качестве некоторого свойства тела, которое поддерживает тело в его движении. Лишь незадолго до написания «Начал» Ньютон приходит к известному нам представлению об инерции.

Длительность неподвижных вещей

Обратимся теперь к источнику предполагаемого заимствования Ньютоном выражения “*quantum in se est*”, к работам Рене Декарта и непосредственно к его формулировке Первого закона природы.

Стоит заметить, что именно после Декарта термин «законы природы» получает широкое распространение³³. Хотя, очевидно, что этому в значительной степени способствовал успех ньютоновской механики.

Термин «Законы Природы» впервые появляется у Декарта в «Трактате о свете» (1630)³⁴. Декарт сопровождает его небольшим разъяснением:

Прежде всего под природой я отнюдь не подразумеваю какой-нибудь богини или какой-нибудь другой воображаемой силы, а пользуясь этим словом для обозначения самой материи. Я рассматриваю ее со всеми свойствами ей качествами, описанными мною, во всей их совокупности и предполагаю, что Бог продолжает ее сохранять тем же способом, что и сотворил ее (*Dieu continue de la conserver en la même façon qu’il l’a créée*). И только из того, что он продолжает таким образом ее сохранять (*il continue ainsi de la conserver*), с необходимостью следует, что должны произойти некоторые изменения в ее частях. Эти изменения, как мне кажется, нельзя приписать непосредственно действию Бога, поскольку оно совершенно неизменно. Поэтому я приписываю их природе. Правила, по которым совершаются эти изменения, я называю Законами Природы³⁵.

Нельзя не заметить, что в приведенном разъяснении Декарт помещает действие, соответствующее закону природы, в странный промежуток – в мгновение между творением мира Богом и его сохранением. Но собственно из таких мгновений и ткется мир Декарта. Причем творение и сохранение Бог осуществляет одним и тем же способом.

Представление Декарта о мире, в каждое мгновение возрождаемом и вновь сохраняемом Богом, находит свое отражение в формулировке Первого закона природы уже на уровне выбора слов.

Александр Койре обратил в свое время внимание на слово *status* – *состояние* в декартовской формулировке закона, которое позднее повторяет Ньютон в своем Первом законе движения. Для Койре кажется очевидным, что представление Декарта о движении и покое как статусе вещи выступает своего рода маркером их онтологической эквивалентности, поскольку введение статуса снимает вопрос о понимании движения как процесса изменения носителя движения.

Именно это, считает он, и объясняет заимствование Ньютоном этого картезианского термина. И хотя утверждение онтологической эквивалентности движения и покоя, несомненно, является одним из принципиальных на начальном этапе формирования нововременной науки, представляется не менее важным и другой аспект этого слова, который можно было бы назвать, условно, временным. Койре затрагивает этот аспект лишь вскользь, отмечая, что «*status* происходит от глагола *sto, stare* – “оставаться” – и означает “состояние”, “положение”, “условие”. Выражение *status movendi* (состояние движения) столь же парадоксально, что и выражение *статическая динамика*»³⁶.

³³ См.: Ruby J.E. Op. cit. P. 357–358.

³⁴ Трактат был опубликован лишь после смерти Декарта.

³⁵ Декарт Р. Мир или трактат о свете // Декарт Р. Соч.: в 2 т. Т. 1. М., 1987. С. 199–200 (пер. исправлен. – А.П.).

³⁶ Койре А. Указ. соч. С. 253.

Однако статус у Декарта это не просто выражение статики, напротив, *status* вносит в мгновение «творения-сохранения», своего рода длительность, и, чтобы пребывать в ней, вещь, согласно Декарту, упорствует (*perseverit*)³⁷, в других формулировках – держится (*manet*)³⁸, стремится (*tendat*)³⁹.

Я не понимаю последовательную длительность вещей, которые движутся, или даже самого движения, иначе, чем длительность неподвижных вещей... –

замечает Декарт в письме Арно 29 июля 1648 г. и продолжает, отвечая на вопрос о мере этой длительности:

...ведь «раньше» и «позже» всякой длительности становятся известными мне через «раньше» и «позже» последовательной длительности, которую я обнаруживаю в моем мышлении, с коим другие вещи сосуществуют⁴⁰.

Но «последовательная длительность», к которой апеллирует Декарт, не длительность собственно самого мышления, оно не может само по себе быть мерой. Так, в беседе с Бурманом, не соглашаясь с утверждением собеседника о мгновенности мысли, Декарт фактически воспроизводит «порядок слов» своего Первого закона природы:

Ложно представление, будто мысль занимает одно мгновение, поскольку любое мое действие протекает во времени и можно сказать, что я непрерывно остаюсь и упорствую в одной и той же мысли в течение какого-то времени (*ego possim dici in eadem cogitatione continuare et perseverare per aliquod tempus*)⁴¹.

Мерой длительности может быть лишь сознание собственного изменения, способность отличить себя настоящего от себя прошлого. В чем может состоять это различие в отношении содержания рассматриваемого закона? Оно может состоять в отличии меня, не знающего закон, от меня, знающего закон, т. е. – в событии знания.

Вернемся к тому выражению, с которого Коэн начинал историю инерции у Ньютона, к “*quantum in se est*”. Эта фраза появляется у Декарта в Первом законе природы лишь в «Первоначалах философии». До этого в «Мире» Декарт формулирует закон без этой фразы.

Каким же образом вписывается фраза “*quantum in se est*” в формулировку первого закона, если мы примем предложенное Коэном смысловое наполнение этой фразы: и как выражение количественной ограниченности какой-либо способности, и как выражение характеристики действия, которое вещь совершает без какого-либо постороннего влияния, без какой-либо внешней причины, но только своей собственной силой, сама по себе?

Начнем со второго из предложенных Коэном толкований.

В этом случае фраза означает, что вещь в данный момент не зависит от каких-либо внешних причин, что она обнаруживает своего рода выпадение из бесконечного ряда причин и следствий. Этот хорошо выражено у Декарта в другом законе природы, которым он как бы дополняет первый⁴² и в котором

³⁷ *Descartes R. Oeuvres*. Т. VIII: Principiorum Philosophie. P. 62.

³⁸ *Ibid.*

³⁹ *Ibid.* P. 66.

⁴⁰ *Декарт Р.* Соч.: в 2 т. Т. 2. М., 1994. С. 556.

⁴¹ Там же (пер. исправлен. – А.П.). Латинский оригинал приводится по: *Descartes R. Oeuvres*. Т. V: Correspondance. P., 1905. P. 148.

⁴² Во времена Декарта еще не сложилась техника векторного представления, позволяющая задавать одним параметром и величину движения, и его направление. В «Первоначалах философии» закон, связанный с сохранением направления движения, назван Вторым законом природы.

утверждается, что «всякое движущееся тело стремится продолжать свое движение по прямой»⁴³. Декарт разъясняет этот закон на примере кругового движения, в каждой точке траектории которого тело, считает он, обнаруживает стремление двигаться прямо: «...вы не сможете найти здесь ничего указывающего на то, что движение камня круговое»⁴⁴. И замечает далее, что «все необходимое для того, чтобы его [прямолинейное движение] производить, имеется в телах в любой момент, который может быть определен в то время, когда они движутся»⁴⁵.

...Когда я говорю о стремлении тела в какую-либо сторону, – объясняет в другом месте Декарт использование им слова «стремиться», – то я вовсе не желаю связывать это стремление с наличием у тела какой-нибудь мысли или направляющей его воли. Я хочу только сказать, что это тело расположено двигаться [il est disposé à se mouvoir] в известном направлении, независимо от того, действительно ли оно движется туда или встречает препятствие со стороны другого тела⁴⁶.

Говоря, что тело «стремится», Декарт фактически говорит о его независимости ни от предыдущего, ни от последующего.

Но насколько вещь, а Декарт относит к вещи и скорость⁴⁷, может быть причиной самой себя? Ответом на этот вопрос может послужить фрагмент из «Ответов на Первые возражения против “Метафизических рассуждений”» с разъяснениями Декарта слов «само по себе» (a se, par soi):

...если, к примеру, кто-либо считает, что какое-то тело существует *само по себе*, он, возможно, полагает, будто бытие данного тела не имеет причины; однако он утверждает это не на положительном основании, а лишь отрицательно, поскольку он не знает здесь никакой причины. Но это доказывает лишь некое несовершенство его суждения, как то легко обнаруживается позднее на опыте, когда он понимает, что части времени не зависят одна от другой, а посему из того, что тело это предполагается в настоящее время существующим самостоятельно, т. е. без всякой причины, не следует, что оно будет существовать и в дальнейшем – разве только в нем заключена какая-то сила, которая как бы непрерывно его воспроизводит; вот тогда-то, уяснив, что подобной силы в этом теле вовсе нет, он тут же сделает вывод, что оно не существует само по себе, и воспримет *само по себе* положительно.

<...>

Каждому дозволено также задать самому себе вопрос, происходит ли он от самого себя в том же смысле; и, поскольку он не обнаруживает в себе потенции, коей было бы достаточно хотя бы для сохранения его самого даже на какое-то мгновение, он справедливо заключает, что происходит от кого-то другого, и именно от того, кто существует сам по себе, ибо, поскольку вопрос поставлен о настоящем моменте, а не о прошедшем и будущем, здесь не может быть поступательного движения в бесконечность.

<...>

...происхождение от самого себя в качестве причины <...> может быть доказано лишь у Бога⁴⁸.

⁴³ Декарт Р. Соч. Т. 1. С. 369.

⁴⁴ Там же. С. 205.

⁴⁵ Там же. С. 204–205.

⁴⁶ Там же. С. 228.

⁴⁷ «...Каждая вещь, и в частности, движение [unaquaeque res, non composite, sed simplex, quails est motus]...» (там же. С. 371).

⁴⁸ Декарт Р. Соч. Т. 2. С. 89–91.

Для Декарта сознание чего-либо предполагает, что бесконечная цепь причин и следствий оказывается разорванной. Знание, когда оно с нами происходит, не нуждается в какой-либо дополнительной причине, объясняющей, почему та или иная вещь воспринята. Но в рассматриваемом нами событии тело свободно не просто от внешних причин, для него не существует никакого предзаданного закона. Однако, восприняв какую-либо вещь, полагает Декарт, мы ясно осознаем, что она не обладает способностью быть причиной самой себя, лишь Бог может быть причиной самого себя, и лишь он способен сохраняет вещь в том состоянии, в котором она находится в данный момент, и он же сохраняет воспринимающего вместе его восприятием, которое случилось в данный момент.

Обратимся теперь к другому возможному толкованию выражения как количественной ограниченности какой-либо способности. Представление о законе предполагает, что он не может выполняться «наполовину», закон либо выполняется, либо его не существует.

В таком толковании выражение “*quantum in se est*” оказывается указанием на невозможность выполнения закона без участия Бога, т. е. без того, чтобы закон и его знание не были бы подхвачены чем-то, что связывает их вновь со всем целым, восстанавливая утраченную связь. Наличия одного лишь движения, или стремления, недостаточно. Тем самым Декарт утверждает, что закон возможен лишь на втором шаге, на шаге «сохранения» мира Богом, а в интервале «между» – свободное действие⁴⁹.

Можно сказать, что в той форме, в том «порядке слов», в котором предстает у Декарта Первый закон природы, схватывается не только содержание закона, но и то, что может быть названо событием знания этого закона, и это событие необратимо входит в состав мира, поскольку сохраняется Богом. В декартовском мгновении «творения-сохранения» содержится событийный топос, в котором не существует предваряющего порядка вещей и каждое мгновение лишь хаотический мир, который упорядочивается свободным действием и сохраняется Богом.

Порядок слов

Ньютон, следуя «порядку слов» Декарта, переносит выражение “*quantum in se est*” из закона в определение внутренней силы. И так же, как и у Декарта, перед ним весь объем значений этой фразы. Но если у Декарта два смысловых пространства фразы, которые условно можно обозначить как “*sua vi*” и “*qu’il se reu*”, образуют общее контекстуальное поле в интервале «сотворения-сохранения», то у Ньютона они оказываются как бы разведенными и даже противопоставленными. Так, в случае “*sua vi*” речь в «Определении III» будет идти об инерции как внутренней способности тела удерживать в свободном движении свое состояние, но во втором толковании – “*qu’il in se reu*”, об ограниченной способности этого удержания лишь в случае внешнего воздействия. И это нельзя назвать просчетом со стороны Ньютона. По существу, казалось бы, ничем не примечательная фраза, оказывается своего рода триггером, переключающим на разные смысловые ряды. Более того, обнаруживается возможность на уровне формулировки законов и определений

⁴⁹ Ср.: «...уже в формулировке закона расцепляет двушаговостью тождество бытия и мышления, вводя принцип индивидуации...» (Мамардашвили М.К. Стрела познания. М., 1997. С. 266).

«заместить» условие сохранения состояния тела, что у Декарта оставалось на символическом уровне структур сознания, субстанциональной формой. За сохранение отвечает теперь внутренняя сила, но проявляется она только при внешних воздействиях, стремящихся изменить состояние. Можно сказать, что Ньютон переводит декартовские символические формы на операциональный язык, делает их функциональными. Но есть и цена этого перевода: неоднозначность термина инерции.

От порядка слов к фигуре речи

Последовательное развитие науки можно видеть не только на уровне смен парадигм или глобальных изменений картины мира. Есть и другой уровень, он не всегда заметен, хотя никогда не прекращается. Это своего рода внутренний перевод, связанный с эволюцией языка науки – развитие и модернизация понятий, замена устаревших определений на более совершенные и пр. Например, наши современные общие представления о классической механике сформированы далеко не при посредстве текстов Ньютона или Декарта, и если можно назвать какие-то первоисточники, то ими скорее будут тексты Эйлера, который предложил в свое время обновленные определения законов движения и впервые сформулировал систему дифференциальных уравнений для описания движения тел, по которым, можно сказать, до сих пор знакомятся с классической (ньютоновской) механикой.

Приведем лишь два определения Эйлера, в которых, на наш взгляд, отражается эволюционный тренд научного языка.

Одно – из первого тома книги «Механика, или Наука о движении в аналитическом изложении» (1736), фактически явившейся первым учебником по механике:

Definition 9

74. *Vis inertiae est illa in omnibus corporibus insita faculties vel in quiete permanendi, vel motum unifomiter indirectum continuidi*⁵⁰.

(Сила инерции есть та во всех телах внутренняя способность либо находиться в покое, либо удерживаться в равномерном прямолинейном движении.)

Другое определение – из книги «Теория движения твердых или жестких тел» (1765):

Definition 10

88. *Dum corpus absolute, vel quiescit, vel aequabiliter in directum promovetur, in eadem statu perseverare dicitur*⁵¹.

(Если тело находится в абсолютном покое или движется равномерно в прямом направлении, говорится, что оно упорствует в своем статусе.)

В этих определениях Эйлер буквально освобождает законы механики от языка декартовского событийного топоса «творения-сохранения», все еще сохранявшегося на уровне терминов в ньютоновских определениях. Сила инерции определяется как способность тела к прямолинейному равномерному движению. Тела уже не упорствуют в своем состоянии (*perseverare in*

⁵⁰ Euler L. *Mechanica, sive Motus Scientia Analytica*. T. 1. Petropoli, 1736. P. 27.

⁵¹ Euler L. *Theoria Motus Corporum Solidorum seu Rigidorum*. Rostochii et Gryphiswaldiae, 1765. P. 59.

eadem statu), они просто продвигаются вперед равномерно и прямолинейно (aequabiliter indirectur promovetur) или покоятся. Status утрачивает значение интервальности, превращаясь из событийного концепта в фигуру ученой речи. То, что проступает в этих определениях, можно было бы назвать, если воспользоваться словами Мамардашвили, экспликацией познания изнутри уже случившегося знания.

Можно расслышать определенное сожаление в словах великого Лагранжа, как-то заметившего, что «почти все математики, трактовавшие теорию ускоряющих сил после Ньютона, ограничивались тем, что обобщали данные им теоремы и переводили их в дифференциальную форму»⁵². В то же время новые формулировки законов механики, введение системы дифференциальных уравнений, а позднее вариационных представлений (разработанных, в том числе, и Лагранжем) обнаружили исключительную эффективность механики и сделали область ее применения практически безграничной.

И лишь случайная, запоздавшая коллизия может напомнить о топосе события знания, обернувшись в точку на прямой познания.

Список литературы

Декарт П. Соч.: в 2 т. / Сост., ред. и примеч. В.В. Соколова. М.: Мысль, 1988–1994.
Койре А. Ньютон и Декарт / Пер. с фр. Я.А. Ляткера // *Койре А.* Очерки истории философской мысли. М.: Прогресс, 1985. С. 204–266.

Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика. Т. I / Пер. с фр. В.С. Гохмана. М.: ГИИТЛ, 1950. 596 с.

Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития / Пер. с нем. Г.А. Котляра. Ижевск: Ижевская республик. тип., 2000. 456 с.

Мах Э. Принцип сохранения работы. История и корень его / Пер. с нем. Г.А. Котляра. СПб.: Тип. товарищества «Общественная польза», 1909. 68 с.

Мамардашвили М.К. Стрела познания. М.: Языки славянских культур, 1997. 303 с.

Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Пер. с лат. и коммент. А.Н. Крылова. М.: Наука, 1989. 690 с.

Эйнштейн А., Гроссман М. Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 227–256.

Эйнштейн А. Принципиальное содержание обобщенной теории относительности // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 613–615.

Euler L. *Mechanica, sive Motus Scientia Analytica.* Т. 1. Petropoli: Typographia Academia Scientiarum, 1736. 544 p.

Euler L. *Theoria Motus Corporum Solidorum seu Rigidorum.* Rostochii et Gryphiswaldiae: Litteris et impensis A.F. Röse, 1765. 584 p.

Barbour J. *Absolute or Relative Motion: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and Structure of Dynamical Theories.* Vol. 1: The Discovery of Dynamics. Camb.: Cambridge University Press, 1989. 746 p.

Barbour J. The part played by Mach's Principle in the genesis of relativistic cosmology // *Modern Cosmology in Retrospect* / Ed. by B. Bertotti et al. Camb.: Cambridge University Press, 1990. P. 47–66.

Cohen I.B. "Quantum in se est": Newton's Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius // *Notes and Records of the Royal Society of London.* 1964. No. 10. P. 131–155.

Herivel J. *The Background of Newton's Principia.* Oxf.: Oxford University Press, 1965. 378 p.

Jammer M. *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy.* Princeton: Princeton University Press, 2000. 180 p.

⁵² *Лагранж С.* Аналитическая механика. Т. I. М., 1950. С. 296.

Kepler J. Antwort auf Roeslim Diskurs // *Kepler J.* Gesammelte Werke. Bd. 4. München: C.H. Beck, 1941. S. 99–144.

Newton I. Philosophiae naturalis principia mathematica. 3th ed. / Ed. by A. Koiré and I.R. Cohen. Vol. 1. Camb. (Mass.): Harvard University Press, 1972. 548 p.

Descartes R. Oeuvres. T. V: Correspondance / Publiées par Ch. Adam et P. Tannery. P.: Léopold Cerf; Imprimeur – Editeur, 1905. 690 p.

Descartes R. Oeuvres. T. VIII: Principiorum Philosophie / Publiées par Ch. Adam et P. Tannery. P.: Léopold Cerf; Imprimeur – Editeur, 1905. 784 p.

Pais A. “Subtle is the Lord...”. Oxf.: Oxford University Press, 1982. 552 p.

Ruby J.E. The Origins of Scientific Law // Journal of the History of Ideas. 1986. Vol. 47. No. 3. P. 341–359.

Late collision: a history of a semantic ambiguity

Andrei A. Paramonov

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences. 12/1 Goncharnaya Str., Moscow, 109240, Russian Federation; e-mail: andrei-paramonov@yandex.ru

This article examines a historical case brought to general attention by English theoretical physicist and historian of science Julian Barbour. The events took place at the beginning of the 20th century when Albert Einstein, on his first steps towards the theory of General relativity, formulated what later was to become the famous Mach’s Principle, in the earnest conviction that he was giving expression to Ernst Mach’s ideas on the ‘relativity of inertia’. The irony is that whatever coincidence of opinion there may be between Einstein and Mach on this issue, it exists on the level of terminological expression alone; in other words, either of them, while speaking of ‘inertia’, had a different physical phenomenon in mind. One of the factors to provoke confusion was the semantic ambiguity of the notion of inertia in the language of science both at the time and even to this date. The implicit terminological contradiction between Einstein and Mach may seem superficial and accidental, though in fact, as this analysis shows, it is a manifestation of circumstances which had come into being much earlier but hitherto remained unnoticed. Such a delayed and unexpected event one may call a ‘late collision’, to borrow a term from network science. To address the problem of the possible origins of the semantic ambiguity of the notion ‘inertia’, the present author reassesses the history of its appearance in the work of Johannes Kepler, then gives a detailed account of the terms chosen by Isaac Newton for the definition of inertia and for the verbal expression of his first law of motion, after which he follows the same procedure for Descartes’s first law of nature. New insights, in particular, are offered on the possible meaning of the introductory words (“*quantum in se est*”) of Newton’s *Principia*, traditionally known as representing a serious difficulty for translators. Such investigations lead to the conclusion that the semantic ambiguity of the notion of inertia is very likely explained by the role it plays in Newton’s reduction of Descartes’s symbolic forms, which served to grasp knowledge as an event, to an operational language of knowledge.

Keywords: Johannes Kepler, René Descartes, Isaac Newton, Ernst Mach, Albert Einstein, Mach’s principle, law of nature, inertia, ‘*quantum in se est*’, late collision

References

Barbour, J. “The part played by Mach’s Principle in the genesis of relativistic cosmology”, *Modern Cosmology in Retrospect*, ed. by B Bertotti et al. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, pp. 47–66.

Barbour, J. *Absolute or Relative Motion: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and Structure of Dynamical Theories*, Vol. 1: The Discovery of Dynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 746 pp.

Cohen, I. B. “Quantum in se est’: Newton’s Concept of Inertia in Relation to Descartes and Lucretius”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, 1964, No. 10, pp. 131–155.

Descartes, R. *Oeuvres*, T. V: Correspondance, publiées par Ch. Adam et P. Tannery. Paris: Léopold Cerf; Imprimeur – Editeur, 1905. 690 pp.

Descartes, R. *Oeuvres*, T. VIII: Principiorum Philosophiae, publiées par Ch. Adam et P. Tannery. Paris: Léopold Cerf; Imprimeur – Editeur, 1905. 784 pp.

Descartes, R. *Sochineniya* [Writings], 2 Vols., ed. by V.V. Sokolov. Moscow: Mysl’ Publ., 1988–1994. (In Russian)

Einstein, A. & Grossman, M. “Proekt obobshchennoj teorii odnositel’nosti i teorii tyagoteniya” [Outline of a Generalized Theory of Relativity and of a Theory of Gravitation], in: A. Einstein, *Sobranie nauchnykh trudov* [Scientific Writings], Vol. 1. Moscow: Nauka Publ., 1965, pp. 227–256. (In Russian)

Einstein, A. “Principial’noe sodержanie obobshchennoj teorii odnositel’nosti” [On the Foundations of the General Theory of Relativity], in: A. Einstein, *Sobranie nauchnykh trudov* [Scientific Writings], Vol. 1. Moscow: Nauka Publ., 1965, pp. 613–615. (In Russian)

Euler, L. *Mechanica, sive Motus Scientia Analytica*, T. 1. Petropoli: Typographia Academia Scientiarum, 1736. 544 pp.

Euler, L. *Theoria Motus Corporum Solidorum seu Rigidorum*. Rostochii et Gryphiswaldiae: Litteris et impensis A.F. Röse, 1765. 584 pp.

Herivel, J. *The Background of Newton’s Principia*. Oxford: Oxford University Press, 1965. 378 pp.

Jammer, M. *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy*. Princeton: Princeton University Press, 2000. 180 pp.

Kepler, J. “Antwort auf Roeslim Diskurs”, in: J. Kepler, *Gesammelte Werke*, Bd. 4. München: C.H. Beck, 1941, S. 99–144.

Koyré, A. “N’yuton i Dekart” [Newton and Descartes], trans. by Ya. A. Lyatker, in: A. Koyré, *Ocherki istorii filosofskoj mysli* [Studies on History of Philosophical Thought]. Moscow: Progress Publ., 1985, pp. 204–266. (In Russian)

Lagrange, J. L. *Analiticheskaya mekhanika* [Analytical Mechanics], Vol. I, trans. by V. S. Gohman. Moscow: GITTL Publ., 1950. 596 pp. (In Russian)

Mach, E. *Mekhanika. Istoriko-kriticheskij ocherk ee razvitiya* [The Science of Mechanics. A Critical And Historical Account of its Development], trans. by G.A. Kotlyar. Izhevsk: Izhevskaya respublikanskaya tipografiya Publ., 2000. 456 pp. (In Russian)

Mach, E. *Princip sohraneniya raboty. Istoriya i koren’ ego* [History and Root of the Principle of the Conservation of Energy], trans. by G.A. Kotlyar. St.Petersburg: Obshchestvennaya pol’za Publ., 1909. 68 pp. (In Russian)

Mamardashvili, M. K. *Strela poznaniya* [Cognition’s Arrow]. Moscow: Yazyki slavyanskih kul’tur Publ., 1997. 303 pp. (In Russian)

Newton, I. *Philosophiae naturalis principia mathematica*, 3th ed., ed. by A. Koiré and I.R. Cohen, Vol. 1. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1972. 548 pp.

Newton, I. *Matematicheskie nachala natural’noj filosofii* [Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World], trans. by A.N. Krylov. Moscow: Nauka Publ., 1989. 690 pp. (In Russian)

Pais, A. “*Subtle is the Lord...*”. Oxford: Oxford University Press. 1982. 552 pp.

Ruby, J. E. “The Origins of Scientific Law”, *Journal of the History of Ideas*, 1986, Vol. 47, No. 3, pp. 341–359.