Л.Г. Антипенко

Квантовый подход к пониманию времени

(Тезисы)

1. Чтобы осмыслить квантовый подход к пониманию времени, требуется определённое знакомство с некоторыми элементами математического анализа и с квантовой теорией физики. В этом отношении здесь возникают значительные трудности − трудности с подбором такого языка для изложения проблемы, который был бы понятен «среднему академику». Философско-историческое осмысление проблемы, вероятно, могло бы облегчить решение данной задачи.
2. Первый вопрос, ответ на который хотел бы получить философ, выглядит так: почему математика, в отличие от физики, не оперирует категорией времени? Ответ на него, кажется, впервые пытался дать ирландский математик Уильям Гамильтон (1805−1865). Он полагал, что идею времени можно выразить на языке алгебры. Отсюда его обширный трактат «Алгебраические пары и алгебра как наука о чистом времени» (Algebraic Couples, and Algebra as the Science of Pure Time by William R. Hamilton // Transactions of Royal Irish Academy, vol.17, part I (1837), pp.293−422). Однако этот замысел Гамильтона оказался неудачным, не был принят научным сообществом.

И всё же основной вклад в решение поставленной проблемы внесла чистая математика. Я имею в виду теорию спиноров. Она была разработана к 1913 году французским математиком Эли Жозефом Картаном (1869−1951). В 1929 году спиноры открыл, в свою очередь, голландский математик Б. Ван дер Ванден (1903−1996), занимаясь исследованиями в другой области − в области квантовой механики.

3. Теперь можно констатировать, что есть два способа выражения времени на физико-математическом языке. Первый способ − представить величину времени в виде четвёртой координаты, дополняющей трёхмерное пространство. Это сделано в квазиевклидовой геометрии (в четырёхмерном пространстве-времени мира Минковского). В центре такого представления находится квадрат пространственно-временного интервала

$$ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 .$$

Это − инвариант преобразований Лоренца, т.е. тех преобразований, которым сопровождается переход от одной инерциальной системы координат к другой. Здесь время, как говорят, «опространствлено», уподоблено пространственной протяжённости. Такой подход к изображению времени, как известно, резко критиковал французский философ Анри Бергсон.

Второй способ изображения времени − *спинорный.* Не исключено, что, изобретая свои спиноры, Э. Картан и руководствовался интуитивно идеей времени. Ведь именно спиноры оказались тем математическим инструментом, который позволил выразить сущность времени в квантовой теории физики.

4. Спинор Картана − необычная, я бы сказал, экзотическая конструкция. Экзотичность его заключается в том, что присущий ему алгоритм преобразования позволяет получить из одной пары комплексных величин другую пару, отличающуюся от исходной противоположными знаками плюс и минус, при всём при том, что обе пары считаются эквивалентными. Чтобы понять, почему это имеет место, надо учесть, что спинор Картана представляет собой способ сочетания трёхмерного евклидова пространства с комплексной плоскостью (как и спинор ван дер Вардена − способ сочетания с комплексной плоскостью псевдоевклидова пространства). Отсюда − игра по правилам действий с комплексными числами, о чём будет сказано ниже.

Если заранее сделать допущение, что время имеет два измерения, два параметра, один из которых непосредственно не наблюдаем, то спинор окажется для него как раз подходящей математической моделью, поскольку времени можно отвести место на комплексной плоскости и отождествить ненаблюдаемый параметр времени с мнимой частью комплексного числа. Это то, что мы имеем в релятивистской квантовой механике при решении квантово-релятивистского уравнения Дирака, описывающего свободное движение электрона.

5. Схема построения спинора Картана выглядит так. Берётся трёхмерное евклидово пространство и в нём проводится осевая линия (ось вращения), положение которой определяется направляющими косинусами: $\cos\chi_1$, $\cos\chi_2$, $\cos\chi_3$. К этому добавляется пара комплексных чисел (ξ^1,ξ^2) и устанавливается способ их преобразования в зависимости от поворота системы координат пространства на угол θ. При произвольным повороте исходная пара чисел переходит в новую пару $(\xi^{1'},\xi^{2'})$, но как только угол поворота принимает значение 2π, компоненты пары (ξ^1,ξ^2) превращаются в $(-\xi^1,-\xi^2)$. Не станем выписывать здесь коэффициенты взаимных преобразований (ξ^1,ξ^2), отметим только, что непосредственно они ставятся в зависимость от $\cos\theta/2$ и $\sin\theta/2$, что и приводит к смене знаков у исходной пары величин при повороте на угол $\theta = 2\pi$. А вот положение, согласно которому совокупности (ξ^1,ξ^2) и $(-\xi^1,-\xi^2)$ считаются эквивалентными − определяют один и тот же спинор − требует отдельного пояснения.

6. Критерием тождества вышеуказанных пар выступает требование, согласно которому взаимопреобразования их компонент должны удовлетворять условию аналитичности, или, иначе говоря, условию Коши−Римана. Согласно этому условию производная всякой непрерывной функции от переменной $z = x + iy$ должна быть равной нулю от комплексно сопряжённой переменной $\bar{z} = x + iy$, т.е. данная функция не должна зависеть от этой переменной. Числа z и $\bar{z}$ нельзя преобразовать друг в друга аналитическим способом, в то время как преобразование, скажем, z в $-\bar{z}$ вполне допускает такую возможность. Теперь становится понятно, в каком смысле две совокупности комплексных чисел (ξ^1,ξ^2) и $(-\xi^1,-\xi^2)$ определяют один и тот же спинор. Они находятся в разных фазах, но их компоненты могут быть трансформированы друг в друга посредством поворота координатных осей *на комплексной плоскости* на угол $\pi/2$ (число поворотов должно быть нечётным).

7. Совокупность двух величин $(\bar{\xi}^1,\bar{\xi}^2)$, элементы которой комплексно сопряжены с компонентами спинора (ξ^1,ξ^2), тоже обладает свойствами спинора.

Было бы целесообразно назвать его *антиспинором* с тем, чтобы выявить механизм перехода от спинора к антиспинору. На комплексной плоскости такой переход равноценен перескоку от $z = x + iy$ к $\bar{z} = x - iy$, что в свою очередь равноценно замене вещественной координатной оси на плоскости на мнимую, мнимой на вещественную. Но именно так выглядит взаимоотношение двух операторов времени $i\hbar d/dt$ и $-i\hbar d/dt$ при полном решении квантово-релятивистского уравнения Дирака. Эти операторы уже напрямую символизируют наличие у времени двух компонент − вещественной и мнимой с их взаимопереходами в процессе движения электрона. Спинорное описание свободного движения частицы, с использованием спинора и антиспинора, позволяет нам рассматривать общий результат полного решения квантово-релятивистского уравнения Дирака в качестве квантовой модели времени с выявлением его вещественной и мнимой компонент. В ней имеет место синтез двух вышеотмеченных способов выражения времени на физико-математическом языке.