

DOI: 10.22363/2224-7580-2025-4-54-68

EDN: MVXHKC

ОБ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ЗАКОНА ИНЕРЦИИ НЬЮТОНА: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Л.Г. Антипенко

*Институт философии Российской академии наук
Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1*

Аннотация. В классической механике движение тела характеризуется скалярной и векторной мерами движения. Скалярная мера движения – это кинетическая энергия, векторная мера – это импульс, или количество движения. Обе эти меры подчиняются закону сохранения. В теории относительности выводится формула, в которой даётся отношение между массой тела и его энергией ($E = mc^2$). В эту формулу укладывается величина кинетической энергии движущегося тела, однако до сих пор нет ответа на вопрос, как надо интерпретировать энергию, которая эквивалентна массе покоящегося тела, то есть когда $m = m_0$. Попытка ответить на него привела автора к выводу о том, что в энергетическом балансе физического тела необходимо учитывать его внешнюю и внутреннюю энергию, в которой, в свою очередь, следует видеть сочетание *кинетической* и *потенциальной* энергии. Чтобы сделать такой вывод, пришлось обратиться к анализу закона инерции Ньютона, а затем к его обобщению на основании изучения феномена красного смещения электромагнитного излучения в астрофизике. В статье описывается квантовый подход к феномену красного смещения в спектрах галактик, а затем этот подход дополняется выводами, которые следуют из двуспинорной интерпретации решения квантово-релятивистского уравнения Дирака, описывающего свободное движение электрона. К числу фундаментальных результатов относится новый, не ортодоксальный, подход к построению космологической картины мира.

Ключевые слова: динамические законы Ньютона, красное смещение Хаббла, обобщённый закон инерции, внутренние степени свободы элементарных частиц, тензорное и спинорное исчисления, космология

Введение

Мы ставим задачу показать, каких результатов можно ожидать в современной физике и космологии, если подвергнуть коррекции первый и второй законы Ньютона в свете известного закона красного смещения – закона Хаббла. Первый закон Ньютона гласит: «Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или прямолинейного и равномерного движения, пока оно не принуждается приложенными силами изменить это состояние». Автор русского учебника по механике С.Э. Хайкин комментирует формулировку этого закона так: «Движение в отсутствие сил, о котором идёт речь в этом законе, называют движением по инерции, поэтому первый закон

Ньютона часто называют «законом инерции» [1. С. 73]. Второй закон гласит: «Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по непременно той прямой, по которой эта сила действует», т. е.

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}, \quad (1)$$

где \vec{P} – импульс, а \vec{F} – действующая сила [1. С. 96]. Формула (1) применима и в релятивистском случае. А если скорость движения тела мала, тогда можно записать:

$$\frac{d}{dt}(m_0\vec{v}) = \vec{F}, \quad m_0 \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \quad \text{или} \quad m_0\vec{j} = \vec{F}. \quad (2)$$

При больших скоростях движения тела (в специальной теории относительности) взаимоотношения между массой тела, силой и ускорением меняются и зависят от того, под каким углом действует на тело сила. Для двух крайних случаев, когда прилагаемые силы суть F_t и F_n (тангенциальная и перпендикулярная), имеют место следующие выражения (в терминологии автора).

1-й случай. Ускорение ортонормально (абсолютная величина скорости остаётся неизменной, меняется только её направление):

$$F_n = \frac{m_0\vec{j}_n}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{1/2}}. \quad (3)$$

2-й случай (направление неизменно, меняется абсолютная скорость):

$$\vec{F}_t = \frac{m_0\vec{j}_t}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{3/2}}. \quad (4)$$

Здесь всё, что стоит перед величиной ускорения, относится к выражению величины массы, как и в нерелятивистской физике. Так что в этих двух разных случаях величина массы тела имеет разные значения, что и отметил в своей «Механике» Хайкин.

Но он оставил без внимания релятивистскую формулу

$$E_0 = m_0c^2, \quad (5)$$

где c – скорость распространения света в вакууме и (по совместительству) универсальная константа, m_0 – собственная масса (масса покоя) тела, E_0 – энергия, эквивалентная массе m_0 . Физики констатируют, что эта внутренняя энергия тела отличается от кинетической энергии, которую приобретает тело в процессе движения [2. С. 30]. При этом возникает вопрос, остаётся ли эта энергия неизменной в процессе инерциального движения. По Ньютону, ответ на данный вопрос положителен, так как масса тела остаётся неизменной, как

бы долго оно ни двигалось. То же самое относится к специальной теории относительности, так как и в ней собственная масса тела m_0 является инвариантом лоренцевых преобразований. Нам предстоит показать, что при переходе к описанию инерциального движения частиц в квантовой механике массы частиц не остаются неизменными. При этом решается парадокс, касающийся совместимости третьего закона Ньютона о равенстве действия и противодействия с двумя первыми законами.

«Действие всегда есть, – цитирует Хайкин Ньютона, – равное и противоположное противодействие, иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны» [1. С. 107]. Каждый на собственном опыте может убедиться в том, что, совершая поездку, скажем, на трамвае, он испытывает действие силы, возникающей в том случае, когда трамвай отклоняется от прямолинейного движения или меняет скорость движения. Но ведь каждый школьник знает о том, что, согласно третьему закону Ньютона, сила, действующая на тело A со стороны другого тела B (или какой-то системы тел), сопровождается обратным действием A на B , причём сила действия равна силе противодействия. Поэтому и возникает вопрос, остающийся без ответа: по какому адресу «проживает» адресат, испытывающий реакцию тела A . Многие физики полагали, что ответ можно найти в общей теории относительности (ОТО). Однако, как заметил акад. Л.И. Седов, в этой теории «за счёт искривления четырёхмерного пространства исключаются не только силы инерции, но и силы тяготения» [3. С. 39].

Так откуда же берётся сила противодействия силам инерции? Если её нет, как указывал Седов в Солнечной системе, то её, надо думать, нельзя найти и за пределами Метагалактики, вообще в бесконечности. В таком случае, быть может, надо отвернуться от её поисков на бесконечности и повернуться к самим материальным частицам, к их энергетическим затратам или преобразованиям. И первый шаг в исследованиях на этом пути состоит в подходе к квантовому выражению астрофизического закона Хаббла, закона красного смещения в спектрах галактик.

Значение квантового подхода к изучению феномена красного смещения линий в спектрах галактик для астрофизики и космологии

Здесь совершается переход к квантовому описанию электромагнитного поля, к рассмотрению движения его квантов (фотонов), для каждого из которых определяется энергия

$$E = h\nu. \quad (6)$$

Теперь мы должны соизмерять между собой частоту колебаний фотона и пройденный им путь от источника до приёмника, т. е. сочетая частотно-колебательный процесс с мерой поступательного движения. Посмотрим, как конкретно выглядит это сочетание. Допустим, что фотон переносится из точки A в точку B . Тогда время, расходуемое на его существование, определяется

(подсчитывается) по расстоянию, которое он преодолевает в своём путешествии:

$$t = \frac{r_{AB}}{c}. \quad (7)$$

От величины времени, определяемого по формуле (7), зависит величина красного смещения. Зависимость эта если не линейная, то, во всяком случае, строго монотонная. Определение величины z красного смещения даётся формулой

$$z = \frac{\nu_0 - \nu}{\nu}, \quad (8)$$

где ν_0 – частота фотона, испущенного источником, а ν – частота фотона, зафиксированная приёмником. По закону Хаббла

$$z = Ht, \quad (9)$$

при том, что $t = \frac{r}{c}$ (r – расстояние до источника, c – скорость света), H – параметр Хаббла.

Далее выясняется, что формула (9) оказывается приближительной и потому её подвергают коррекции. На место t ставят масштабный фактор $a(t)$. И тут, как нам представляется, наиболее подходящий выбор масштабного фактора сделан С.Б. Алемановым [4]. В основу этого выбора он положил функцию $e^{-H_0 t}$ вместе с заменой символа H на символ H_0 . Получилась следующая зависимость частоты фотона от времени его движения

$$\nu(t) = \nu_0 e^{-H_0 t}. \quad (10)$$

Теоретическим оправданием формулы (10) служит то обстоятельство, что хаббловская закономерность (9) выражает собой первое приближение к экспоненте (10). Действительно, разлагая $e^{-H_0 t}$ в степенной ряд, получим в качестве первого приближения выражение

$$\nu(t) \approx \frac{\nu_0}{1 + H_0 t}. \quad (11)$$

Подстановка значения $\nu(t)$ в формулу (8) даёт формулу (9). Алеманов утверждает, что более точное значение величины красного смещения, рассчитанной по формуле

$$z = e^{H_0 t} - 1, \quad (12)$$

в большей же мере соответствует данным астрофизических наблюдений.

Однако главное, что составляет суть его научного открытия, это – переход от рассмотрения процесса распространения электромагнитных волн к рассмотрению движения фотонов, что и позволило ему ввести понятие

удельного смещения z_T , то есть смещения, перепадающего на один период колебания фотона T .

В строгой последовательности цепь соответствующих рассуждений должна выглядеть следующим образом. Если ν – частота фотона, то период его колебаний будет равен

$$T = \frac{1}{\nu}. \quad (13)$$

Подставляя его в формулу (9), получим

$$z_T = Ht = \frac{H}{\nu}. \quad (14)$$

Если за время своего путешествия фотон совершит n периодов колебаний, то сдвиг его частоты окажется равным

$$z_f = n \frac{H}{\nu}. \quad (15)$$

В таком случае переменный параметр Хаббла H приобретает статус постоянной величины:

$$H = H_0 = \text{Const}. \quad (16)$$

К интерпретации этой константы мы вернёмся ниже, а здесь отметим следующие моменты.

1. Мы констатируем факт того, что свободное движение фотона на просторах Метагалактики сопровождается потерей присущей ему энергии. Поэтому оно даёт основание по-новому интерпретировать Ньютонов закон инерциального движения, скорректировать в том смысле, что инерциальное движение частиц как безмассовых, так и обладающих собственной массой, сопровождается трансформацией энергии. Отсюда ставится задача указать, какой вид имеет эта трансформация для массовых частиц.

2. Мы должны констатировать, что попытка интерпретировать закон красного смещения в терминах эффекта Допплера является ложной. Несостоятельной является и попытка интерпретировать его как показатель расширения Вселенной.

Обычно обе эти интерпретации совмещают между собой, не замечая того, что они логически противоречат друг другу. Так, к примеру, в известной книге Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица «Теория поля» говорится следующее: «Это предсказание теории (имеется в виду космологическое «разбегание» галактик. – *Л.А.*) следует поставить в соответствие с фундаментальным астрономическим фактом – эффектом красного смещения линий в спектрах галактик. Истолковав это смещение как доплеровское, мы приходим к заключению о «разбегании» галактик, то есть о том, что в настоящее время Вселенная расширяется» [6. С. 444]. Ошибка в данном истолковании заключается в том, что формула расчёта доплеровского эффекта работает только в том случае, когда пространственное расстояние, по которому движется источник

излучения, остаётся неизменным. Только тогда мы можем установить, с какой скоростью движется источник сигнала и рассчитать величину увеличения или уменьшения частоты волнового процесса.

К этому вопросу мы ещё вернёмся ниже, а здесь посмотрим, как выглядит инерциальное движение частиц, у которых масса покоя не равна нулю. Будет показано, что в координату времени, соответствующую свободному движению частицы, включается элемент (стихия) вращательного движения. К такому выводу подводит знакомство с решением уравнения Дирака и с его двуспиновой интерпретацией [7. С. 349–368].

Значение двуспинового подхода к решению и интерпретации квантово-релятивистского уравнения Дирака в области фундаментальной физики и космологии

В концепции квантовых кристаллов времени, разработанной Ф. Вилчеком, время представлено двумя противоположными компонентами в виде iT и $-iT$, где мнимая единица и комплексное сопряжение двух этих величин свидетельствуют о том, что во времени совершаются вращательные процессы, имеют место дискретные переходы от правостороннего вращения к левостороннему и обратно [7]. Величина времени умножается здесь на мнимую единицу ad hoc. В нашем же представлении мнимая единица добавляется к величине времени в рамках логически последовательного решения дираковского уравнения, когда производные по времени переводятся в ранг операторов $i\frac{d}{dt}$ и $-i\frac{d}{dt}$. При этом возникает задача определиться с линейными и нелинейными операторами, действующими в гильбертовом пространстве. Использование линейных операторов обусловлено принципом суперпозиции квантовых состояний движения. Для выполнения принципа суперпозиции необходимо, чтобы уравнения, которым удовлетворяют волновые функции, были линейными. Однако квантовая механика оперирует и нелинейными операторами. К их числу относится антиунитарный (нелинейный) оператор обращения времени. При двуспиновой интерпретации требуется учитывать взаимоотношение между теми и другими.

Воспроизведём коротко последовательность тех шагов, которые предпринял Дирак при составлении своего уравнения, его решении и интерпретации [8. С. 349–356].

Поставлена задача преобразования уравнения Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = H\psi \quad (17)$$

таким образом, чтобы оно приобрело релятивистски инвариантную форму. Для этого гамильтониан H сочетается с релятивистским выражением энергии движущейся частицы:

$$E^2 = \vec{p}^2 c^2 + m^2 c^4. \quad (18)$$

В результате имеем

$$\{p_0 - (m^2 c^2 + p_1^2 + p_2^2 + p_3^2)^{\frac{1}{2}}\} \psi = 0, \quad (19)$$

где p_0 обозначает $\frac{\partial}{\partial x_0}$ ($x_0 = t$), а $p_1 = i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, $p_2 = i\hbar \frac{\partial}{\partial y}$, $p_3 = i\hbar \frac{\partial}{\partial z}$.

В полученном таким образом уравнении (19) везде стоят операторы, и всё выражение, стоящее перед волновой функцией ψ , рассматривается в целом как оператор. Но это уравнение неудовлетворительно по нескольким причинам, на которые указывает Дирак. Поэтому предлагается умножить его слева на оператор $\{p_0 + (m^2 c^2 + p_1^2 + p_2^2 + p_3^2)^{\frac{1}{2}}\}$, в результате чего образуется релятивистски инвариантное уравнение

$$\{p_0^2 - m^2 c^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2\} \psi = 0. \quad (20)$$

Однако, отмечает Дирак, оно не вполне эквивалентно уравнению (19), потому что, хотя каждое решение (19) есть решение (20), но обратное неверно. «Только те решения (20), которые соответствуют положительным значениям p_0 , являются решениями (19)» [8. С. 352]. Заметим от себя, что оператор p_0^2 свидетельствует о том, что может быть дополнительное решение уравнения (20), соответствующее отрицательному значению p_0 , но этот оператор нелинейный, поэтому было непонятно, как с ним в данном случае обращаться. Дирак в связи с этим пишет, что вид волнового уравнения (20) не вполне согласуется с общими положениями квантовой механики, поскольку оно квадратично относительно t вместо того, чтобы быть линейным по отношению к $\frac{\partial}{\partial t}$ или p_0 [8. С. 352].

Выход из затруднения, предложенный автором, заключается в том, чтобы найти лоренц-инвариантную форму представления уравнения (20) и вместе с тем линейную относительно всех четырёх операторов p_0, p_1, p_2, p_3 . Дирак выписывает следующее основополагающее уравнение для дальнейших поисков:

$$\{p_0 - \alpha_1 p_1 - \alpha_2 p_2 - \alpha_3 p_3 - \beta\} \psi = 0, \quad (21)$$

где α и β не зависят от p и предстают как четырёхмерные матрицы, которые позволяют наделить электрон новой степенью свободы – спином. При этом надо было преобразовать его таким образом, чтобы оно удовлетворяло критерию инвариантности. Для этого Дирак умножил его слева на оператор $\{p_0 + \alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2 + \alpha_3 p_3 + \beta\}$. Тем самым было получено выражение, совпадающее с (20) при условии, что коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ и оператор β подчиняются следующим требованиям:

$$\alpha_a \alpha_b + \alpha_b \alpha_a = 2\delta_{ab}, \quad (a, b = 1, 2, 3); \quad \beta = \alpha_m mc,$$

где

$$\alpha_m = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Однако в этом месте Дираком была допущена ошибка, повлекшая за собой цепь других ошибочных предположений. Дело в том, что само по себе уравнение (21) не эквивалентно (20) и, следовательно, не является релятивистски инвариантным. Дирак же утверждает, что, придавая величинам α и β подходящие свойства, можно сделать уравнение (21) эквивалентным (20), по крайней мере, постольку, поскольку дело касается движения электрона как целого. Мы можем теперь, пишет он, предположить, что уравнение (21) «есть правильное релятивистское волновое уравнение для движения электрона в отсутствие поля» [8. С. 353]. При этом опять же делает оговорку, что здесь имеется трудность, вызванная тем фактом, что уравнение (21), по аналогии с (20), не является в точности эквивалентным уравнению (19), «но допускает также и решения, соответствующие отрицательным значениям p_0 , а не только положительным» [3. С. 353]. И добавляет: «Первые, разумеется, не соответствуют какому-либо действительно наблюдаемому движению электрона» [8. С. 353].

Ошибка Дирака состоит в том, что, отбрасывая решение с отрицательным значением p_0 как непригодное для физики, он не замечает того, что в уравнении (19) оператор $m^2 c^2$ обязывает принимать два численных значения массы электрона: $+m$ и $-m$. Отсюда правомерно согласование положительного и отрицательного значений p_0 с положительным и отрицательными значениями m . На это обстоятельство обратил внимание Р. Пенроуз [9. С. 519–528]. Он указал, что частица, описываемая уравнением Дирака, имеет всего две компоненты спина, несмотря на то, что у волновой функции четыре компоненты. Дирак зачислил две из них, соответствующие отрицательной массе частицы, на счёт позитрона. «Однако было бы заблуждением считать, – пишет Пенроуз, – что две компоненты уравнения Дирака относятся к электрону, а две другие – к позитрону...» [9. С. 526].

Этого замечания Пенроуза для нас достаточно, чтобы оставить в стороне «дырочную» теорию Дирака, как не оправдавшую себя, и заняться непосредственно вопросом о смысле положительной и отрицательной массы электрона. Начнём с замечания о том, что, когда мы входим по традиции в область квантово-механического описания физических явлений, мы привносим туда классическое (в смысле: аналитическое) представление времени. Кроме того, заранее нельзя исключать того, что, когда уравнение (2) используется для составления уравнения Дирака, величина массы электрона m должна рассматриваться как вероятностно усреднённая масса частицы. Эти суждения правдоподобны в той же мере, в какой принято считать наблюдаемую скорость движения электрона *средней* скоростью, поскольку она всегда меньше

скорости распространения света c , хотя в уравнении Дирака значится только скорость c .

Дирак по этому поводу пишет следующее: «Поскольку электроны, наблюдаемые на практике, имеют скорости существенно меньшие скорости света, то может показаться, что мы имеем здесь противоречие с экспериментом. Это, однако, не является действительным противоречием, поскольку теоретическая скорость в вышеприведенном заключении есть скорость в определённый момент времени, тогда как наблюдаемые скорости всегда являются средними скоростями по некоторому конечному интервалу времени» [8. С. 361]. В дальнейшем, добавляет он, при рассмотрении уравнений движения будет показано, что скорость вообще не является постоянной, но быстро осциллирует вокруг среднего значения, которое согласуется с наблюдаемой величиной [8. С. 361].

Однако этими разъяснениями указанное Дираком противоречие не разрешается, так как он апеллирует к среднеарифметической (по времени) скорости, а в квантовой механике все средние величины суть величины средневероятностные. Поэтому если частица движется, скажем, из точки A в точку B со скоростью $v < c$, а теоретически ей приписывается скорость c , то для объяснения данного обстоятельства надо посмотреть, что происходит с временем, когда совершается движение частицы со скоростью, меньшей скорости света.

Теория относительности устанавливает определённый порядок между кинематическими и динамическими величинами. Снова напоминаем, что в порядке этих взаимоотношений собственная масса частицы («масса покоя») является величиной инвариантной. Но это при том условии, что и время неизменно подчиняется правилам лоренцевых преобразований. Однако в релятивистской квантовой механике темпоральная характеристика процессов претерпевает изменение, поскольку в структуре времени открываются переходы от it к $-it$ и обратно, о чём можно судить по наличию двух операторов $i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$ и $-i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$, действующих на волновую функцию. А они служат показате-

лями того, что электрон обладает внутренними степенями свободы, помимо спина. К спину добавляются переходы между массой положительной и массой отрицательной, между зарядом отрицательным и зарядом положительным. Каждому значению этих переменных соответствуют свои амплитуды вероятности.

О необходимости введения понятия спиноров. Спинором (от англ. spin – вращаться) называется математическая конструкция, характеризующаяся особым законом преобразования при переходе от одной системы координат к другой. Спиноры первой валентности задаются двумя комплексными числами, которые при повороте системы координат трёхмерного евклидова пространства на угол 2π , возвращающем её в исходное состояние, меняют знак (плюс на минус, минус на плюс). Компонентами квантового спинора служат две волновые функции. Знаки их при аналогичном преобразовании меняются под воздействием двухмерных матриц Паули (подробнее см. в книге Пенроуза [9. С. 189, 467]). При этом переход от функции ψ к функции

комплексно сопряжённой ψ^* и есть переход от спинора к антиспинору. Двуспинорная интерпретация означает сочетание спинора и антиспинора в системе описания одной и той же частицы. У Дирака она распадается на описание электрона и позитрона [8. С. 376–379].

Отношение Дирака к этому спорному вопросу зависит от определений, которые он принял для спиноров, локализованных или в обычном трёхмерном евклидовом пространстве, или в гильбертовом пространстве [10]. Спиноры, подобно тензорам, пишет Дирак, суть геометрические объекты в нашем пространстве, компоненты которых преобразуются линейно при преобразовании пространственных координат. Они отличаются от тензоров в том отношении, что меняют знак при полном вращении вокруг всякой оси (тензоры не меняют). Таким образом знак спинора всегда может быть выбран произвольно [10. С. 9]. Затем Дирак делает оговорку, существенную для его позиции, что хотя спиноры могут существовать в реальном евклидовом пространстве с любым числом измерений (большим одного), они могут также существовать в других пространствах, в которых имеет смысл понятие перпендикулярности. Важным примером служит пространство Минковского.

В отношении примера с пространством Минковского нельзя согласиться, так как измерение времени существенно меняет структуру евклидова пространства. У Дирака нет ответа на вопрос о том, как быть со спинором в неевклидовом пространстве Лобачевского, ведь в нём фигурируют линейные ряды вещественных и мнимых точек. Однако при рассмотрении структуры гильбертова пространства Дирак налагает на неё атрибут аналитичности, что ставит её в один ряд с действительной, или вещественной, структурой евклидова пространства.

Более конкретные суждения автора о гильбертовом пространстве выглядят так. Под «гильбертовым пространством», пишет он, мы будем понимать то, что математики называют сепарабельным гильбертовым пространством. Это – пространство векторов, каждому из которых соответствует счётное число координат $q_1, q_2, q_3 \dots$ и каждому вектору приписывают квадрат длины, равный $\sum_r |q_r|^2$. Величины q_r можно считать координатами вектора в гильбертовом пространстве лишь при том условии, что ряд квадрата длины сходится. И далее: «Если представить координату q_r в виде суммы действительной и мнимой частей: $q_r = x_r + iy_r$, то квадрат вектора длины будет равен $\sum_r (x_r^2 + y_r^2)$. Величины x_r и y_r можно рассматривать как координаты нового вектора. Это тоже вектор гильбертова пространства, но уже действительный вектор, т. е. вектор с действительными координатами.

Таким образом, в гильбертовом пространстве комплексным вектором определяется действительный вектор» [10. С. 7]. После этого идёт пояснение, что хотя второму вектору соответствует, на первый взгляд, вдвое большее число координат, чем первому, но удвоенная счётная бесконечность остаётся счётной бесконечностью, так что в действительности второй вектор содержит точно такое же число координат, как первый. «Стало быть, в гильбертовом пространстве комплексный вектор не является более общим вектором, нежели действительный вектор» [10. С. 7].

Здесь, как видно (во всяком случае, так видится мне), Дирак допустил две ошибки. Во-первых, при определении гильбертова пространства он говорит о счётном числе координат. Далее, когда сравнивает и отождествляет количество координат действительных и количество координат комплексных, он счётное число подменяет числом счётно бесконечным. Очевидно, что в случае конечных чисел количество одних и других координат будет разным. Вторая ошибка заключается в том, что нет никаких оснований при операциях в гильбертовом пространстве исключать операцию перехода от комплексного числа $z = x + iy$ к комплексно сопряженному числу $\bar{z} = x - iy$. В самом деле, нельзя же полагать, будто, скажем, антиунитарный оператор обращения времени действует не в гильбертовом пространстве, а где-то вне его! Поэтому нельзя исключать переход, в одном и том же квантовом процессе, от спинора к антиспинору.

Теперь спросим: может ли меняться масса электрона, как и любого другого фермиона, с течением времени подобно тому, как меняется масса фотона в эффекте хаббловского красного смещения? Положительный ответ на этот вопрос дал в своё время А.Д. Сахаров в статье «Вакуумные квантовые флуктуации в искривлённом пространстве и теория гравитации» [11]. С течением времени квантовая вероятностная весомость отрицательной массы в электроне уменьшается, электрон тяжелеет.

Заключение

Основная трудность в постижении того, что излагается в данной статье, состоит даже не в том, чтобы понять двойственный состав электрона и позитрона. К такому выводу и частичному его обоснованию подошёл в своё время В.А. Фок [12. С. 317, 314]. Трудность состоит в новом, квантово-механическом понимании времени. Всё начинается с установления следующего квантово-механического факта: всякая мгновенная связь (перепутывание) между квантовыми частицами и событиями, будь то редукция волновой функции или то, что имеет место в парадоксе Эйнштейна – Подольского – Розена, сопровождается фазовым сдвигом во времени. И этот фазовый сдвиг имеет конечную минимальную величину, подобно тому, как величина физического действия складывается из квантов, каждый из которых равен постоянной Планка \hbar . Минимальный дискретный фазовый сдвиг времени может мыслиться только как сдвиг фазы, соотносимой с половиной временного периода. Частота и направление этих сдвигов определяются, как обычно в квантовой механике, амплитудами вероятности. С этими сдвигами согласуются распределённые во времени скачки между противоположными (по знаку) массами. Минимальный период времени, естественно, приравнивается планковскому элементу времени $t_p = (\hbar G / c^5)^{1/2}$, где G – гравитационная постоянная.

Если после этих разъяснений возвратиться к вопросу о том, где находится адресат обратного действия, направленного навстречу силе, выводящей движущуюся частицу (электрон) из состояния инерциального движения, то на него мы отвечаем, что он находится не снаружи, а внутри частицы. Реакция

как инерциальная сила возникает в результате перераспределения вероятностей, определяемых статистикой переборки во времени положительной и отрицательной массы. Если так, то для описания пространства-времени и гравитации следует использовать спинорный язык. Тензорный язык для этого не подходит, а гравитационные уравнения Эйнштейна, лежащие в основе общей теории относительности (ОТО), дают либо ложные, либо бессмысленные результаты. Особенно это относится к концепции Большого взрыва и расширения Вселенной.

Серьёзную критику ОТО и основанной на ней космологии представил в своей книге «Другая Вселенная» Р.Б. Лафлин [13]. Мы процитируем кратко её центральные положения исходя из того, что может быть разработан принципиально иной подход к формированию космологической картины мира. Его можно было бы назвать *оптическим*.

В математических уравнениях ОТО, описывающих гравитационное поле, напоминает Лафлин, выражается соотношение между тензором импульса-энергии (материи) и кривизной четырёхмерного пространства. Лафлин называет тензор импульса-энергии (материи) напряжением энергии (*stress-energy*). Из уравнений следует, что пространство-время может пульсировать, покрываться рябью (*ripple*) в дополнение к его натяжению. Этот вывод вроде бы согласуется с нашей физической интуицией по аналогии с тем, как распространяется сейсмическая волна на поверхности Земли, когда происходит землетрясение. Но вот незадача! С одной стороны, мы, отмечает Лафлин, придерживаемся точки зрения, основанной на успехе (специальной) теории, *согласно которой пространство есть нечто фундаментально отличное от материи, движущейся в нём*. С другой стороны, вполне очевидно сходство между эйнштейновской гравитацией и динамической искривлённостью *реальных* (курсив наш. – Л.А.) поверхностей – сходство, ведущее нас к описанию пространства-времени как материальной ткани (*fabric*). («Смышлёные молодые студенты неизбежно сосредоточиваются на этом моменте и спрашивают профессора о том, что же движется, когда распространяется гравитационная радиация. Они получают ответ, что движется само пространство-время, от чего их бросает в озноб. Ведь это подобно учению о том, что поверхность моря волнуется потому, что есть волнующаяся поверхность» [13. Р. 123]).

Любопытство студентов, говорит далее Лафлин, не является ни наивным, ни неуместным. Было ясно, что уравнения ОТО надо скорректировать, чтобы заполнить имеющуюся пустоту (*empty*). Коррекция сводилась к добавлению в уравнения известной космологической константы, которая могла бы иметь физическое значение «однородной плотности массы релятивистского эфира». «Эйнштейн первоначально, – пишет Лафлин, – установил эту константу равной нулю на том основании, что такой эффект [эфира] казался несуществующим. Ведь вакуум, насколько тогда было всякому известно, был реальной пустотой. Затем он придал ей ненулевое значение... позже удалил её опять...» [13. Р. 123].

Теперь, отмечает далее Лафлин, манипуляции с космологической константой вошли в моду. Но никто не замечает здесь более глубокой проблемы.

Она связана с мистической верой в то, что симметрия теории относительности (отождествление пространства-времени с материей) является *абсолютной*, не может нарушаться по любой причине на любой шкале длины [13. Р. 124]. Но идея абсолютной симметрии не имеет смысла. Если теория относительности *всегда* верна, то к тому должно быть указано основание. Так, если мы, по словам Лафлина, пытаемся использовать релятивистские уравнения, описывающие спектроскопию вакуума, мы сталкиваемся с фактом их бессмысленности, если только не отбрасывается на чрезвычайно коротких расстояниях релятивность или равно важная калибровочная инвариантность [13. Р. 124].

Выясняя сущность физического вакуума, Лафлин приходит к выводу о существовании эмерджентных физических систем, эмерджентной материи. Что считать вообще первичным – законы взаимодействия отдельных частей, из которых возникает целое, или (эмерджентный, коллективный) конденсат? Лафлин склоняется ко второй альтернативе, относя физический вакуум к эмерджентному целому. Теория относительности, утверждает автор «Другой Вселенной» ничего не говорит о том, существует ли материя, пропитывающая вселенную, а только о том, что всякая такая материя должна иметь релятивистскую симметрию. Однако игнорировать существование физического вакуума нельзя, если не пренебрегать соответствующими на сей счёт экспериментами. Физический вакуум следовало бы назвать точнее – динамическим эфиром, если бы на это название не было наложено табу [13. Р. 121].

А потому: «Точка зрения, что пространство-время, не будучи субстанцией, обладает субстанциально-подобными свойствами, ни логически, ни в последовательно-физическом плане не согласуется с фактами. Вместо этого она представляет собой идеологию, выросшую на почве старых споров по поводу законности теории относительности» [13. Р. 123–124]. Точно так же, по мнению Лафлина, созданная на основании этой теории космология не согласуется с астрофизическими фактами. Концепция эмерджентных состояний материи предполагает наличие фазовых переходов между ними. В нобелевской лекции «Дробное квантование» Лафлин высказал следующее важное суждение: «Я подозреваю, что все выдающиеся проблемы в физике, включая квантовую гравитацию, по сути связаны с такими коллективными явлениями, которые нельзя вывести из свойств составляющих систему частей» [14. С. 292].

Странным, по Лафлину, выглядит и то обстоятельство, что в концепции Большого взрыва наличие фазовых переходов анонсируется, но из этого не делается правильных выводов. Один из таких переходов – инфляционная эпоха. Но то, что было перед ней, не детектируемо, поскольку оно находилось за линией горизонта. А в общем и целом концепция или гипотеза Большого взрыва бессмысленна, поскольку не удовлетворяет критерию фальсифицируемости [13. С. 209].

Оптический подход к формированию космологической картины мира опирается на геометрическую предпосылку, которой служит *неевклидова* геометрия Лобачевского. Статья Алеманова, которую мы подвергли

критическому разбору, имеет тот недостаток, что в ней отсутствует предикативное определение константы H_0 . Геометрия Лобачевского позволяет устранить этот недостаток. Скорее всего, здесь уместна будет следующая формула: $H_0 = \frac{c}{k_L}$, где k_L – константа Лобачевского («абсолютная длина», как называл её Карл Гаусс).

Литература

1. Хайкин С. Э. Общий курс физики. 2-е изд. Том 1. Москва – Ленинград : Госиздат технико-теоретической литературы, 1947.
2. Бриллюэн Л. Новые взгляд на теорию относительности. Москва : Мир, 1972. 142 с.
3. Седов Л. И. Галилей и основы механики // Размышления о науке и об учёных. Москва : Наука, 1980. – 440 с.
4. Алеманов С. Б. Квантовый закон Хаббла $v_n = nH_0$ // Инженерная физика. 2014. №3.
5. Антипенко Л. Г. О квантовом законе Хаббла и физико-математических основаниях альтернативной космологии // Прикладная физика и математика. Москва : Научтехиздат, 2019. № 12.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. Изд. пятое. Москва : Наука, 1967. 460 с.
7. Wilczek F. Quantum Time Crystals / arXiv: 12022537.
8. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики / пер. с 4-го англ. издания Ю. Н. Демкова и Г. Ф. Друкарёва ; под ред. и с предисл. акад. В. А. Фока. Москва : Физматгиз, 1960. 434 с.
9. Пенроуз Р. Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Москва – Ижевск, 2007. 912 с.
10. Дирак П. Спиноры в гильбертовом пространстве / пер. с англ. А. М. Переломова. Москва : Мир, 1978. 126 с.
11. Сахаров А. Д. Вакуумные квантовые флуктуации в искривлённом пространстве // ДАН, 1967. Т. 177. № 1. С. 70–71.
12. Фок В. А. Начала квантовой механики. Москва : Наука, 1976. 377 с.
13. Laughlin R. B. A Different Universe (Reinventing Physics from the Bottom Down). New York, 2005.
14. Лафлин Р. Б. Дробное квантование // УФН. 2000. 170: 3. С. 292–303.

ON OPTICAL CORRECTION OF NEWTON'S LAW OF INERTIA: FUNDAMENTAL RESULTS

L.G. Antipenko

*Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences
12/1 Goncharnaya St, Moscow, 109240, Russian Federation*

Abstract. In classical mechanics, the motion of a body is characterized by scalar and vector measures of motion. The scalar measure of motion is kinetic energy, the vector measure is momentum. Both of these measures obey the conservation law. In the theory of relativity, a formula is derived that gives the relationship between the mass of a body and its energy ($E = mc^2$). This formula fits the value of the kinetic energy of a moving body, but there is still no answer to the question of how to interpret the energy, which is equivalent to the mass of a body at rest, i.e. when $m = m_0$. An attempt to answer it led the author to the conclusion that in the energy balance of a physical body one must take into account its external and internal energy, which, in turn, should be seen as a combination of kinetic and potential energy. To draw such a conclusion, we had to turn to the analysis of Newton's law of inertia, and then to its generalization based on the study of the phenomenon of red shift of electromagnetic radiation in astrophysics. The article describes a quantum approach to the phenomenon of redshift in the spectra of galaxies, and then this approach is complemented by conclusions that follow from the two-spin interpretation of the solution to the quantum relativistic Dirac equation, which describes the free motion of an electron. Among the fundamental results is a new, unorthodox approach to constructing a cosmological picture of the world.

Keywords: Newton's dynamic laws, Hubble redshift, generalized law of inertia, internal degrees of freedom of elementary particles, tensor and spinor calculus, cosmology