

9. Kartashova L., Sorochan T., Sovkina O., Sheremet T. Digital twin of postgraduate educational institution: ecosystem for transformation of professional development of teachers in conditions of martial law. Danish Scientific Journal No60, 2022 P. 46–52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6603332> Accessed 12 Aug 2022.

## **ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИИ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

*Прейгерман Л. М.*

*Израильская Независимая Академия развития науки*

*Сирени 23, г. Холон 5843624 тел. 0545904005 e-mail: preiglev@gmail.com*

Наблюдая падение тел на Землю, люди с древнейших времен задумывались над его причинами. Первыми пытались ответить на этот вопрос античные мыслители.

Демокрит предложил, в частности, закон «тяготения подобного к подобному». Так происходит потому, по Демокриту, что все атомы стремятся соединиться с себеподобными. Платон отвергал атомистическую теорию Демокрита, но так же, как и Демокрит, объяснял падение тел тем, что подобное стремится к подобному. Аристотель считал, что Земля находится в состоянии абсолютного покоя в центре концентрически расположенных небесных сфер. На самой ближней сфере размещается Луна, на промежуточных сферах – планеты Солнечной системы, а на самой дальней сфере, обращаемой вокруг Земли, закреплены звезды. Все вещи сложены из четырех элементов – земли, воды, воздуха и огня. Земля и вода – тяжелые элементы, а воздух и огонь – легкие. У каждого элемента, и вместе с ним у каждой вещи, есть естественное место во Вселенной, к которому они стремятся. У тяжелых элементов и вещей – это центр Земли, поэтому они падают на Землю. У легких – внешняя сфера Луны, поэтому они устремляются вверх. Земля является самой тяжелой, поэтому она занимает место в центре мира.

В новое время явление тяготения и ее зависимость от расстояния и массивности тел рассматривали Коперник, Кеплер, Декарт, Гук и др.

Р. Декарт полагал, что все мировое пространство насыщено равномерно распределенным в нем невидимым веществом, эфиром, а небесные тела формируют в нем локальные неоднородности. Перепады плотности эфира создают гигантские вихри, которые вовлекают Солнце и планеты в круговое движение. Теорию вихрей с определенными оговорками поддерживали Гюйгенс и Лейбниц. Ньютон показал, что

она противоречит законам движения и гидродинамики, поэтому не только не разъясняет, а запутывает проблему тяготения. Он писал:

«Против заполнения неба жидкими средами, если они только не чрезвычайно разрежены», свидетельствуют «правильные и весьма длительные движения планет и комет в небесном пространстве», показывающие, что «небесное пространство лишено всякого заметного сопротивления, а, следовательно, и всякой ощутимой материи».

Гук, в свою очередь, считал, что сами небесные тела являются источником их взаимного тяготения и первым догадался, что сила тяготения тел обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Впервые математически закон Всемирного тяготения сформулировал Ньютон. Его экспериментальным подтверждением стали опыты Кавендиша на крутильных весах, осуществлённые им в 1797–1798 гг., у некоторых ученых возникло сомнение в достоверности экспериментального подтверждения всемирного закона тяготения.

Ими, однако, игнорируется факт его несомненного подтверждения астрономическими наблюдениями, как в пределах Солнечной системы, так и за ее пределами.

Во-первых, законы Кеплера с высокой точностью вытекают, как следствия, решений уравнений движения, составленных на основе универсальных законов механики и закона всемирного тяготения.

Во-вторых, открытие Нептуна, как говорят, «на кончике пера» подтвердило справедливость, по крайней мере, в пределах Солнечной системы, как гелиоцентрической системы Николая Коперника, так и универсального закона всемирного тяготения Ньютона. Действительно, после открытия Урана было установлено, что его движение не укладывается в закон всемирного тяготения. В связи с этим возникло предположение, что это является результатом действия возмущения, вызванного движением еще одной, неизвестной планеты. На основе закона всемирного тяготения были рассчитаны чисто теоретически и предсказаны орбита и характеристики этой планеты. Ею оказался открытый по этим данным Нептун, который был найден именно на том месте и с теми характеристиками, которые были рассчитаны по закону всемирного тяготения.

В 1844 г. немецкий астроном и математик Фридрих Бессель обнаружил, что траектория движения Сириуса периодически, хотя и слабо, отклоняется от прямолинейной. В проекции на небесную сферу она представляла собой волнообразную кривую (рис. 1). Это движение Бессель объяснил влиянием «скрытой массы неизвестной звезды». В 1862 году Американский астроном Альван Грэм Кларк открыл рядом с Сириусом маленькую звёздочку, впоследствии обнаружившую орбитальное движение в соответствии с расчётами Бесселя (рис. 2), про-

веденными им на основе закона всемирного тяготения. Это был очередной триумф, подтверждавший действие этого закона, но теперь уже за пределами Солнечной системы.

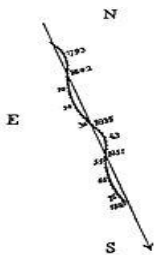


Рис. 1



Рис. 2

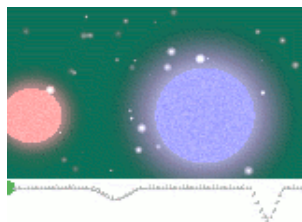


Рис. 3

В девяностых годах XVIII ст. В. Гершель открыл двойные звезды, расположенные далеко за пределами Солнечной системы (рис. 3). Вслед за Гершелем астрономы открыли тысячи двойных звезд во всех галактиках Вселенной вплоть до галактик, расположенных на ее горизонте. Тщательное изучение двойных звезд показало, что они вращаются по орбитам, в точности соответствующим орбитам, рассчитанным по закону всемирного тяготения.

Закон всемирного тяготения, позволил также *Пьеру Лапласу* в конце XVIII в. разобраться в механике Солнечной системы и определить устойчивость движений небесных тел. Необъясненными оставались лишь смещение перигелия Меркурия, а также отклонение Солнцем света звезд. Их удалось объяснить в наше время на основе обобщенного закона всемирного тяготения, полученного в общей теории относительности Эйнштейном, из которого, как частный случай, вытекает закон всемирного тяготения Ньютона.

Практика, связанная с развитием товаро-денежных отношений и становлением промышленного производства, уже не могла к XVII в. ориентироваться на ручную технику мануфактур и выдвинула идею создания самодвижущейся техники, подсмотренной у Природы. Это, в свою очередь, потребовало глубоких знаний, связанных с ответом на вопросы о том, как устроен мир безотносительно к тому, почему он так устроен. Так, например, Галилей, очень точно отвечая на вызовы времени, писал:

«Мне кажется, что сейчас неподходящее время для занятий вопросом о причине ускорения естественного движения тел, по поводу которого различными философами было высказано столько различных мнений».

То же самое говорил и Ньютон, которого часто упрекали и упрекают в том, что сформулировав очень важные законы Природы, он не разобрался в причинах их действия. Ньютон по этому поводу писал. «До сих пор я изъяснил небесные явления и приливы наших морей на основании силы тяготения. ... Причину же ... свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю». И далее. «Изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа...»

Другими словами, гению Ньютона не было чуждо понимание того, что законы Природы, часто очень сложные и продуманные до мельчайших нюансов, не могли возникнуть сами по себе. Отсюда его глубокая вера в существование Творца, создателя законов Природы. В них, по мысли Ньютона, заложено разумное начало, которое он именует Богом, недоступным нашему пониманию.

Другие ученые, как уже указывалось выше, в т.ч. основоположники естествознания: Р. Декарт, Х. Гюйгенс, Лейбниц, наоборот, пытались найти причину всемирного тяготения и выдвинули теорию вихрей эфира, которую Ньютон, однако, подверг уничтожающей критике. В связи с этим она не нашла понимания и широкого распространения.

В 1690 г. женеvский математик Никола Фатио де Дюилье предложил другую, корпускулярную кинетическую теорию. Работа Фатио страдала, однако, неопределенностью, не публиковалась и оставалась малоизвестной. Через 50 лет после ее создания ею заинтересовался его земляк Жорж Луи Де Саж, который в 1756 году на ее основе создал свою теорию, вошедшую в науку под названием теории Лесажа.

Теория Лесажа утверждает, что гравитация – результат соударений всех тел Вселенной с равномерно заполняющими ее одинаковыми крошечными, по сравнению с структурными частицами тел (атомами), гравитационными частицами, которые движутся прямолинейно во всех направлениях с большой одинаковой скоростью. В силу своей малости и огромной скорости гравитационные частицы обладают большой проникающей способностью и при столкновениях с телами поглощаются ими.

Сталкиваясь в каждый момент времени с изолированным телом, они ударяют его со всех сторон с одинаковой силой. Это значит, что любой силе, действующей на это тело в данный момент времени в данном направлении, всегда соответствует равная ей сила, действующая на него в этот же момент, но в противоположном направлении. В результате их суммарное действие в любом направлении равно нулю и не вызывает движения тела. Изолированное тело под действием гравитационных частиц подвергается лишь всестороннему давлению (рис. 4).

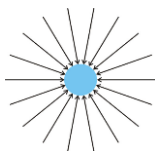


Рис. 4

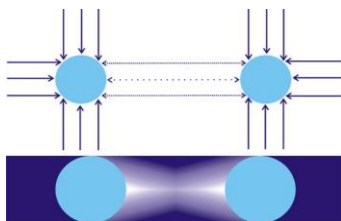


Рис. 5

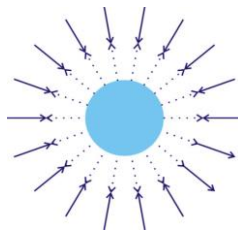


Рис. 6

Однако, в присутствии любого второго тела в направлении между ними каждое из них испытывает меньше соударений, чем в других направлениях, в результате оба тела прижимаются (приталкиваются) друг к другу результирующим дисбалансом сил (рис. 5). Это, однако, верно только при условии предположения, что соударения гравитационных частиц и частиц тел является неупругими.

Действительно, при упругих соударениях силы удара гравитационных частиц компенсируются силами их отражения. Другими словами, результирующая сила в этом случае в любой точке тела в любом направлении равна нулю (см. рис. 6).

Из предположения, что часть или все гравитационные частицы, сходящиеся на объекте, поглощаются и замедляются данным телом, следует, что интенсивность потока гравитационных частиц, испускаемого массивным объектом, меньше чем интенсивность потока падающего на данный объект. Можно предположить, что этот дисбаланс импульса потока распределен равномерно по сферической поверхности с центром на данном теле и не зависит от величины окружающей его любой произвольной сферической поверхности, в то время как площадь этой сферы растет с расстоянием пропорционально квадрату ее радиуса. В этом случае дисбаланс импульса, приходящийся на единицу площади сферы (т.е. сила приталкивания в данной точке) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния до этой точки. Из сказанного также следует, что соударения гравитационных частиц с базовыми частицами тела (атомами) происходит по всему объему тела, поэтому сила приталкивания тел прямо пропорциональна их объемам и плотности, т.е. массам приталкивающихся тел.

Качественно теория Ле Сажа, на первый взгляд, достаточно убедительно объясняет Природу и закон всемирного тяготения Ньютона, но более глубокий анализ показывает, что она абсолютно неприемлема. Перечислим те обстоятельства, которые делают ее в принципе нереальной.

1. Джеймс Максвелл показал, что механическая энергия поглощаемых гравитационных частиц непременно перейдет в теплоту и быстро расплавит любое тело. Даже при околосветовой скорости гравитационных частиц поглощаемому импульсу наблюдаемой гравитации соответствует энергия, способная в течение одной секунды превратить в пар всю вещественную материю.

2. Анри Пуанкаре, в свою очередь, подсчитал в 1908 году, что скорость гравитационных частиц модели Лесажа должна быть на много порядков (около 13) выше скорости света. По расчетам Пуанкаре, Земля при таких масштабах поглощения гравитационной энергии должна была бы светиться ярче Солнца, температура Земли должна была бы вырасти до колоссальной величины,  $10^{26}$  градусов Кельвина в секунду, а ее энергия испепелила бы все планеты.

3. Это то, что показывают расчеты. Непосредственные наблюдения также не подтверждают эту теорию. Например, если тяготение вызвано экранированием, то Луна в те моменты, когда она находится между Землей и Солнцем, должна существенно влиять на силу притяжения этих тел и, соответственно, на траекторию Земли. Этот же эффект, еще в значительно большей степени, должен был бы наблюдаться при так называемом параде планет, однако ничего подобного в реальности не наблюдается.

4. Корпускулярная теория тяготения не укладывается, кроме того, в современную модель строения мира и квантовую теорию поля, которые подтверждены не только наблюдениями и экспериментом, но всей практикой. Они неотъемлемы от современной жизни, коммуникаций, техники связи, нанотехнологий, техники, основанной на принципах квантовой суперпозиции и квантовой запутанности (например, квантовые компьютеры), и пр. Атомно-молекулярное строение вещества подтверждается также непосредственными наблюдениями с использованием электронного микроскопа. Современная теория строения атомов и их составных частей следует с высокой точностью из косвенных наблюдений и исследования их свойств с помощью ускорителей и камер семейства Вильсона.

Сам факт возможного существования внутренней дискретной структуры у субатомных и субъядерных частиц, условно названных элементарными, в виде гипотетических преонов, не противоречит стандартной модели. Наоборот, их существование изначально предполагалось т.к. все известные в настоящее время элементарные частицы вещества не являются точечными, обладают массой и полуцелым спином. Конечно, имеется в виду, что делимость элементарных частиц, с точки зрения стандартной модели, не является бесконечной, она ограничена планковской метрикой на уровне  $10^{-35}$  м, хотя условно она

называется моделью бесконечного вложения. Правда, очень проблематичным в этом случае становится, так называемый парадокс масс, согласно которому с учетом соотношений неопределенностей, импульсы и, соответственно, масса преонов и их составных частей должны быть во много крат больше массы кварков или электронов, в состав которых они входят.

Вызывает возражение другое обстоятельство. Если преоны и вещественные гравитоны (не путать с гипотетическими гравитонами, квантами гравитационного поля, которые являются полевыми частицами, бозонами) действительно существуют, то они связаны в атомных ядрах, и на роль гравитационных частиц не подходят. Правда, можно отождествить гравитационные частицы с гипотетическими небарионными частицами темной материи, но это противоречит космологической теории, согласно которой темная материя распределена во Вселенной строго равномерно и, во всяком случае, отсутствует в Солнечной системе и далеко за ее пределами, хотя всемирный закон тяготения подтвержден здесь с высокой точностью.

Кроме того, если гравитоны Ле Сажа существуют, но имеют указанные выше размеры, которые сравнимы с размерами нейтрино, то их вероятность столкновения и соударения с базовыми частицами вещества является мизерной и никакого теневого эффекта они не могут вызвать. Например, для нейтрино даже земной шар полностью прозрачен, не говоря уже о телах меньшего размера.

5. Наконец, в настоящее время строго доказано, что в Природе не существует скоростей распространения материальных объектов выше скорости света. При таких скоростях теневого эффекта реализовать в принципе невозможно.

Перечисленные недостатки модели тяготения Лесажа в настоящее время способствовали тому, что она полностью отвергнута научной общественностью. Она представляет интерес лишь с точки зрения истории развития науки. Кроме того, в начале XX века, появилась, хотя и значительно более сложная для понимания, но более убедительная непротиворечивая теория тяготения Эйнштейна, общая теория относительности, подтвержденная как экспериментом, так и практикой.

Согласно общей теории относительности, источником гравитации является не сами вещественные тела, а искривление пространства-времени Минковского внесенными в него массивными телами.

Действительно, пространство-время Минковского, как и Евклидово пространство, как известно, строго симметрично (в нем действует группа симметрии Пуанкаре). В силу симметрии все его точки, направления и интервалы времени равноправны, эквипотенциальны, интервалы линейны, а инерциальные движения, в том числе движение

луча света (фотонов) происходит по прямой линии без какой-либо потери энергии (с сохранением величины и направления скорости). Внесем в него массивное тело (это произошло, например, на заре возникновения Вселенной, после Большого взрыва). Это приведет к деформации пространства-времени, его отклонению от симметрии, нарушению эквипотенциальности. Массивность тела можно рассматривать, как меру противодействия изменению симметрии, которая уменьшается по мере удаления от центра внесенного тела. Это значит, что энергия излучаемых телом частиц, в т.ч. фотонов, уменьшается обратно пропорционально увеличению их расстояния от центра тела. Другими словами, по мере своего удаления от тела фотоны теряют энергию, а длина соответствующей им волны возрастает. Это явление общеизвестно и называется красным гравитационным смещением.

Красное гравитационное смещение приводит, таким образом, к увеличению периода, т.е. интервала времени между двумя ближайшими событиями (колебаниями), т.е. к замедлению хода времени массивными телами. Таким образом, совокупность массивных, т.е. вещественных тел, заполняющих реальное пространство-время, нарушает линейность интервалов и искривляет пространство-время в целом. Инерциальное движение тел в искривленном пространстве – времени происходит по прямейшим (геодезическим) искривленным траекториям, т.е. с ускорением. На рис. 7 показана мировая линия свободного движения пробного тела массой  $m$ , отстоящего от массивного тела массой  $M$  на расстоянии  $x(t)$  в двумерном пространстве-времени при условии замедления хода времени по мере уменьшения расстояния  $x$ .

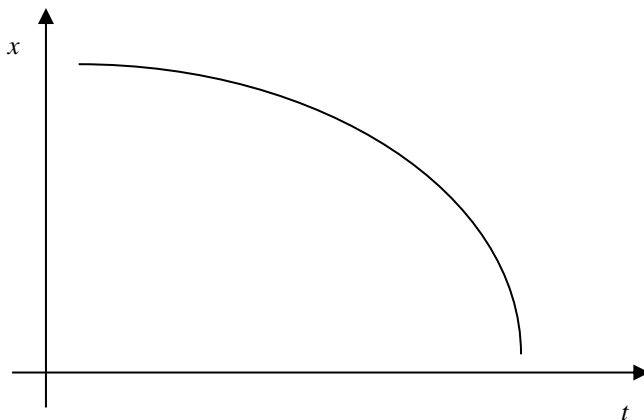


Рис. 7

Как видно из рисунка это движение воспринимается нами, как тяготение, хотя, на самом деле, является свободным и происходит под действием разности гравитационных потенциалов, а его ускорение не зависит от его массы. Другими словами, причиной ускоренного движения пробного тела в сторону тела большой массы является не сила тяготения, а замедление хода времени по мере сближения этих тел, что эквивалентно, как видно из рисунка, искривлению пространства-времени. Поэтому все пробные тела движутся из данной точки в направлении центра масс массивного тела по инерции с одинаковым ускорением, независимо от их массы.

С другой стороны, со времен Ньютона, наряду с попытками раскрытия причин и природы гравитации, широкое распространение получили методы классического описания гравитации с точки зрения теории поля. Гравитация в этом случае рассматривается как потенциальное силовое поле, источником которого выступает эквивалентный гравитационный заряд массой  $M$ , действующий на пробный заряд с гравитационной массой  $m$ , расположенный на расстоянии  $R$  от центра массы  $M$ , с силой тяготения  $F_m$ :

$$F_m = GmMR/R^3. \quad (1)$$

По второму закону Ньютона ускорение силы тяжести  $g$  обратно пропорционально инертной массе  $m_u$ :

$$F_m = m_u g. \quad (2)$$

Сравнивая (1) и (2) с учетом принципа эквивалентности ( $m_e = m_u = m$ ), получаем, что

$$g = GMR/R^3, \quad (3)$$

а напряженность поля

$$E = F_m/m = g. \quad (4)$$

Энергия поля

$$\varepsilon = m\varphi, \quad (5)$$

а потенциал

$$\varphi = -GM/R, \quad (6)$$

где  $G$  – гравитационная постоянная.

Независимость ускорения силы тяжести от массы притягиваемого тела (см. 3), установленное также экспериментально Галилеем, объясняется тем, что масса является источником гравитационного поля и рассматривается в качестве заряда гравитационного поля, поэтому в

соотношении (2) массы с учетом принципа эквивалентности сокращаются.

В теории тяготения, вытекающей из общей теории относительности, силовые характеристики поля (1) – (4) отсутствуют, а энергетические характеристики поля (5) – (6) принимают другой вид, а именно:

$$\varepsilon = mc^2; \quad \varphi = c^2. \quad (7)$$

С теорией поля теорию относительности сближает также следующие из общей теории относительности представления о гравитационных волнах. Согласно этому представлению изменения гравитационного поля, распространяются подобно волне. Гравитационные волны излучаются массами тел, передвигающихся с переменным ускорением, отрываются от них, перемещаясь со скоростью света, и существуют далее независимо от породивших их масс. Математически они связаны с возмущением метрики и проявляются в виде периодического изменения расстояния между двумя свободно перемещающимся пробными массами (подобно колебательному движению).

В качестве амплитуды гравитационных волн принимается максимальное значение относительного изменения расстояния между указанными телами. Амплитуда гравитационных волн чрезвычайно мала и находится в интервале  $4 \cdot 10^{-18} - 10^{-23}$ . Гравитационные волны являются линейными, поперечными и описываются двумя компонентами, расположенными под углом  $45^\circ$  и имеют два направления поляризации. Визуально походят на мелкую рябь. В силу их слабости их очень долго не удавалось обнаружить. В 1970 г. их зафиксировали косвенно при наблюдении сближения тесных систем двойных звезд, обнаружив потери ими энергии излучения. Непосредственно гравитационные волны были обнаружены в 1915 году двумя детекторами-близнецами обсерватории LIGO. Предполагается, что эти волны возникли в результате слияния двух черных дыр. С тех пор их наблюдают, хоть и редко, но достаточно регулярно.

По результатам измерения скорости их распространения можно утверждать, что она с вероятностью 90 % находится в пределах  $0,55 - 1,42$  скорости света. Один эксперимент позволил одновременно зафиксировать возникшие одновременно электромагнитную и гравитационную волны. Он свидетельствует о том, что в полном соответствии с общей теорией относительности гравитационные волны движутся со скоростью света. Однако по одному эксперименту делать выводы о скорости распространения гравитационных волн пока еще рано.

В квантовой теории поля сила не имеет физического смысла, а все возможные взаимодействия сводятся к четырем фундаментальным

взаимодействиям – слабым, сильным, электромагнитным и гравитационным. Источником указанных взаимодействий выступают соответствующие сохраняющиеся заряды, которые, согласно теореме Нетер, определяют калибровочную симметрию соответствующих фундаментальных полей. Самих зарядов, как таковых, конечно, не существует. Это модели определенных порядков составных частей, носителей зарядов – кварков, заряженных векторных бозонов, электронов и, возможно, бозона Хиггса, сохраняющуюся массу которого, определяющую массы элементарных частиц вещества, можно рассматривать в качестве источника гравитационного поля. Данные соображения поддерживаются свойствами калибровочной симметрии, которые сводятся к тому, что все поля характеризуются определенной симметрией. При любых спонтанных отклонениях от симметрии возникают процессы, стремящиеся к ее восстановлению. Восстанавливая одни отклонения от симметрии с помощью обменных взаимодействий, они приводят к другим отклонениям и т.д.

На самом деле нет разных взаимодействий. Это наш мозг разделяет их, а они едины. Например, не существует слабых и электромагнитных взаимодействий, а существуют лишь единые электрослабые взаимодействия. Создана также теория великого объединения электрослабых и сильных взаимодействий (теория суперсимметрии), которая пока, как и струнная теория, не получила экспериментального подтверждения. Однако объединить эту теорию с гравитацией не удастся, хотя саму гравитацию с помощью общей теории относительности удалось объяснить с помощью теории калибровочной симметрии.

Общая теория относительности предсказала существование черных дыр и гравитационных волн, с высокой точностью описала процессы, происходящие в высококомассивных небесных телах, в двойных звездах, объяснила причины излучения звезд, в т.ч.и нашего Солнца, причины горения углеводородного топлива, причины энергетического питания живых организмов, послужила основой для разработки современных космологических теорий и пр.

Недостатком общей теории относительности, является то, что ее пока не удастся согласовать с квантовой теорией поля в области высоких энергий (черных дырах, начальной Вселенной). Это понятно. Ведь при разработке общей теории относительности Эйнштейн не учел неизвестные еще тогда квантовые эффекты, а именно – дискретность пространства-времени, являющаяся следствием дискретности изменяющегося вещества и энергии, которые проявляются в масштабах микромира.

На этом основании в конце прошлого века была разработана петлевая теория гравитации. Пространство-время, согласно этой тео-

рии, состоит из мельчайших неделимых объемов (ячеек) и ограничивающих их площадей, которые изменяются дискретными скачками, как кадры киноленты. Возможные значения объема и площади измеряются в единицах, производных от длины Планка. Она определяет масштаб, при котором геометрию пространства уже нельзя считать непрерывной, и равна  $10^{-35}$  м. Самая маленькая возможная площадь, отличная от нуля, примерно равна квадрату длины Планка или  $10^{-70}$  м<sup>2</sup>. Наименьший возможный объем, отличный от нуля, – кубу длины Планка или  $10^{-105}$  м<sup>3</sup>. Таким образом, согласно данной теории в каждом кубическом метре пространства содержится приблизительно  $10^{105}$  атомов объема пространства. Квант объема настолько мал, что в кубическом метре таких квантов больше, чем кубических метров в видимой Вселенной ( $10^{79}$ ).

Квантовые состояния объема и площади изображают в виде диаграмм, графов. Допустим для простоты, что область пространства, по форме напоминает куб. На диаграмме она (рис. 8, а) изображается узлом в виде точки, представляющим объем, с шестью выходящими из него линиями, каждая из которых отображает одну из граней куба (рис. 8, б).

Число рядом с узлом указывает величину объема, а числа рядом с линиями – величину площади соответствующих граней. Поместим на вершину куба пирамиду (рис. 8, в). У многогранников есть общая грань, и их изображают как две точки (два объема), соединенные одной из линий (грань, которая соединяет объемы, рис. 8, г). Ри-сунки многогранников отбрасывают и оставляют только графы. Графы в петлевой квантовой теории называются спиновой сетью (рис. 8, з). Они описывают не конфигурацию ячейки, о которой нам ничего неизвестно, а квантовое состояние, одной из главных характеристик которого является спин.

Каждое квантовое состояние соответствует одной ячейке сети (их всего в пространстве-времени  $10^{184}$ ), и каждой ячейке сети, удовлетворяющей определенным правилам, соответствует квантовое состояние. Следует подчеркнуть, что узел, изображающий объем ячейки, является не вместимостью частицы, а самой частицей, которая указывается в сети определенной меткой. Ее спин также указывается у узла четным числом (для бозонов) и нечетным для (для фермионов), которые надо разделить на два. Так как в общей теории относительности пространство неотрывно от времени, и их следует рассматривать совместно, то линии спиновой сети расширяются и становятся двумерными поверхностями, а узлы, изображающие частицы, растягиваются в линии. Узлы, из которых исходят линии, представляют переходы из одного состояния в другое.

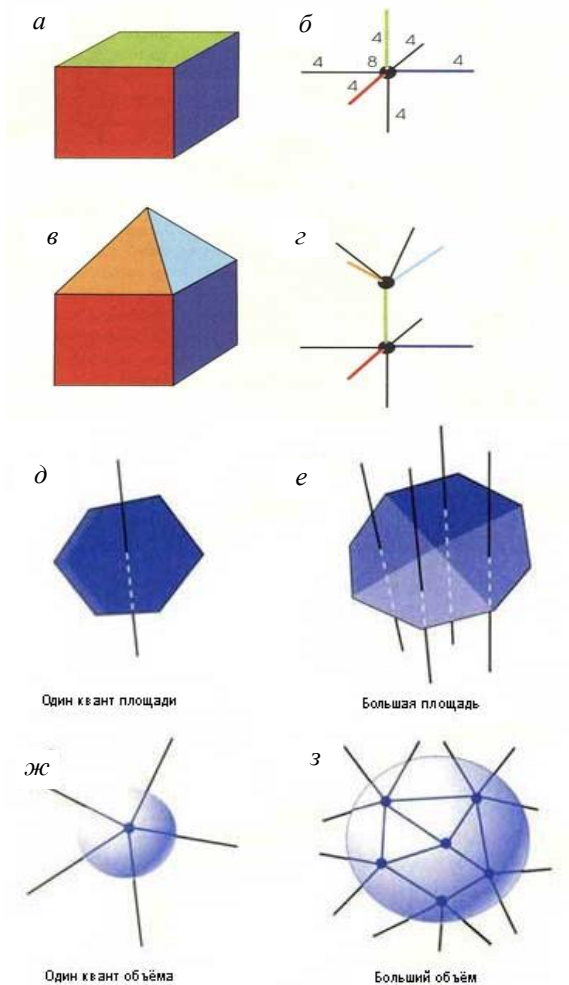


Рис. 8

Время, как и пространство, является дискретным. Минимальный квант времени равен ориентировочно  $10^{-43}$  с, а переход из одного состояния в другое происходит прыжком, т.к. каждому состоянию соответствует своя спиновая сеть, то пространство-время изображается совокупностью спиновых сетей, которая называется спиновой пеной (рис. 9).

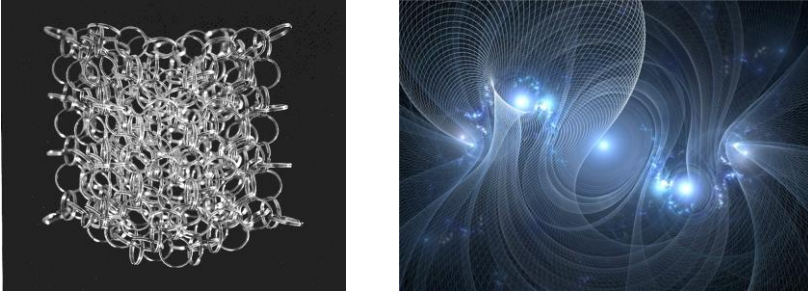


Рис. 9

Одним из преимуществ петлевой квантовой теории гравитации является естественность, с которой в ней получает своё объяснение Стандартная модель физики элементарных частиц.

Первоначально была предложена преонная модель. Само понятие «преон» использовалось для обозначения точечных субчастиц, входящих в структуру фермионов с полуцелым спином (лептонов и кварков). Она была построена по тому же принципу, как и кварковая модель. Однако использование точечных частиц приводит к парадоксам массы и расходимостям.

С. Бильсон-Томпсон предложил модель, основанную на более общей теории перекрученных лент (брэндов), в которой точечные преоны Харари (ришоны) были преобразованы в протяжённые лентообразные объекты, риббоны. Потенциально это объясняло возникновение цветового заряда кварков, устраняло расходимости и парадоксы массы. Данная модель приводит к пониманию электрического заряда как топологической сущности, возникающей при перекручивании риббонов.

В этой теории предполагается, что возбуждённые состояния самого пространства-времени могут играть роль преонов, приводящих к возникновению стандартной модели теории квантовой гравитации.

Бильсон-Томпсон с соавторами предположили, что теория петлевой квантовой гравитации может автоматически объединить все четыре фундаментальных взаимодействия. С помощью преонов (риббонов), представленных в виде переплетений волокнистого пространства-времени, удалось построить успешную модель первого поколения кварков и лептонов с более-менее правильным воспроизведением их зарядов и четностей.

В этой модели считается, что электрический заряд и цветовые заряды, а также чётность частиц, принадлежащих к поколениям более высокого ранга, должны получаться точно таким же образом, как и для

частиц первого поколения. Использование методов квантовых вычислений позволило показать, что такого рода частицы устойчивы и не распадаются под действием квантовых флуктуаций.

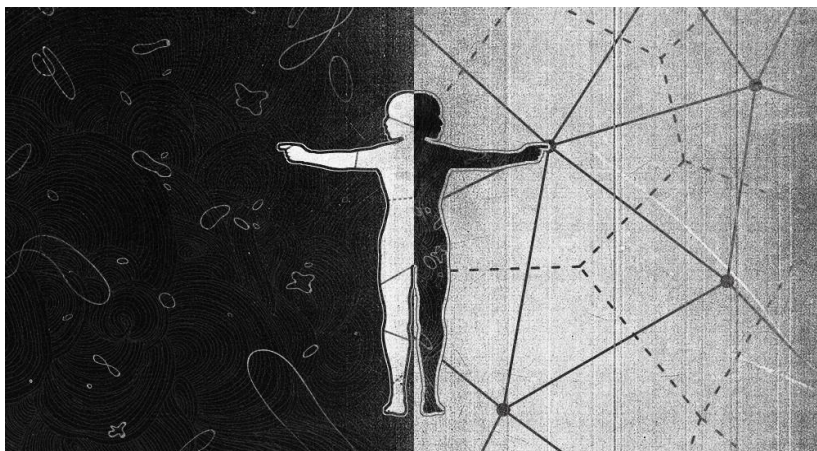
Ленточные структуры в модели Бильсона-Томпсона представлены в виде сущностей, состоящих из той же материи, что и само пространство-время. Вопрос о том, как с помощью петлевой теории можно получить бозон Хиггса, остается пока открытым.

Подразумевается, что свойства частиц (их массы, энергии и спины) могут соответствовать свойствам петель – базовым объектам теории петлевой квантовой гравитации.

Можно также воспроизвести и некоторые другие частицы Стандартной модели, такие как фотоны, глюоны и гравитоны. Масса частиц определяется пропорционально их внутренней структуре, т.е. закрученности брэдов. Например, в модели Бильсона-Томпсона структура фотона, имеющего нулевую массу, соответствует трем непрерывным рибонам..

Важным для подхода Бильсона-Томпсона является то, что в его преонной модели элементарные частицы, такие как электрон, описываются в терминах волновых функций.

Два альтернативных претендентов на «теорию всего», теория струн и петлевая квантовая гравитация, – это две стороны одной медали. Чтобы петлевая гравитация не противоречила специальной теории относительности, в нее необходимо ввести взаимодействия, которые похожи на рассматриваемые в теории струн.



**Рис. 10**

Два кандидата на «теорию всего», долгое время считавшиеся несовместимыми, могут оказаться двумя *сторонами одной медали*.

Следуя принципу квантовой суперпозиции и принципу дополнителности, сделана попытка объединения петлевой теории гравитации и теории струн. Её предпосылка проста: всё состоит из маленьких струн. Струны могут быть замкнуты или разомкнуты; они могут вибрировать, растягиваться, объединяться или распадаться, но функционируют во внешнем по отношению к ним пространстве-времени. И в этом многообразии лежат объяснения всех наблюдаемых явлений, включая материю и пространство-время.

Петлевая квантовая гравитация, наоборот, придаёт меньше значения материи, присутствующей в пространстве-времени, и больше концентрируется на свойствах самого пространства-времени. В этой теории пространство-время – это сеть, сама материальная совокупность. Ее рибоны похожи на струны. Вместо колебаний они перекучиваются, искривляя соответствующим образом пространство-время. Плавный фон теории гравитации Эйнштейна заменяется узлами и звеньями, которым придаются квантовые свойства. Таким образом, пространство состоит из отдельных кусочков. Теория в основном занимается изучением этих кусочков.

Этот подход долгое время считался несовместимым с теорией струн. В самом деле, их различия очевидны и глубоки. Петлевая теория изучает кусочки пространства-времени, а теория струн исследует поведения объектов во внешнем относительно них пространстве-времени. Эти области разделяют и технические проблемы. Теории струн необходимо, чтобы в пространстве-времени было 11 измерений, а у петлевой – обычные 4 измерения. Теория струн предполагает наличие суперсимметрии, в которой у всех частиц есть не обнаруженные партнёры, но суперсимметрия не свойственна петлевой теории. Правда, в последнее время мнение физиков на этот счет изменилось.

Новые теоретические открытия выявили возможные сходства между петлевой теорией и теорией струн.

В отсутствие экспериментальных подтверждений этих теорий, математическое доказательство того, что они являются двумя сторонами одной медали, послужило бы доводом в пользу того, что физики в поисках «теории всего» движутся в правильном направлении.

Попытки решить некоторые проблемы петлевой теории привели к открытию ее первой неожиданной связи с теорией струн. В специальной теории относительности линейные размеры объекта уменьшаются в зависимости от скорости движения наблюдателя относительно объекта. Сжатие также влияет и на размер кусочков пространства-времени, которые воспринимаются по-разному наблюдате-

лями, движущимися с разными относительными скоростями. Это расхождение противоречит специальной теории относительности, согласно которой законы физики не зависят от скорости наблюдателя.

Оказалось, что приведение петлевой теории в соответствие со специальной теорией относительности неизбежно влечёт за собой появление взаимодействий, похожих на присутствующих в теории струн. Кроме того, группе физиков в Университете Эрлангена–Нюрнберга (Германия) удалось включить в петлевую теорию суперсимметрию, которая до этого была территорией исключительно теории струн.

Между тем, вот уже почти 10 лет, после открытия бозона Хиггса, в теоретической физике наблюдается подозрительное затишье. Не является ли это затишьем перед бурей? Скорее всего, в полном соответствии с законом творчества, мы в ближайшие годы станем свидетелями резкого подъема в области развития физической мысли.

## **ПОЧЕМУ ОШИБАЮТСЯ ВРАЧИ?**

*Сокол А.Ф. Израильская независимая Академия развития науки.  
8489726, Безр-Шева. Ул. Вольфсон 26/7, тел. +9726655909  
E-mail sokoladolf@yahoo.com*

Принято считать, что единственным путем повышения эффективности и результативности врачебной работы является ее технологическая оснащенность и достижения в области синтеза новых лекарственных препаратов. Между тем важнейшим способом повышения качества работы врача является его оптимальная мыслительная деятельность. Помимо прочих особенностей клинической практики врач сталкивается с экспоненциально нарастающим объемом информации и с неизбежной необходимостью разобраться в этом информационном потоке.

В медицине зарегистрированы десятки тысяч болезней, которые проявляются сотнями тысяч симптомов. В клинической практике используется примерно 6000 лекарств и 4000 различных процедур (в т.ч. хирургических).

Многие и, прежде всего, реанимационные отделения оснащены современной аппаратурой, которой надо уметь пользоваться и управлять. «Медицина превращается в искусство управления сложными системами и проверкой того, что сегодня действительно подвластно человеку» [1].

Число публикаций в биологии и медицине за 1981–1992 годы составило соответственно 9 и 7 млн.