

О ФИЗИЧЕСКОМ ВАКУУМЕ И НЕЙТРИНО

Г. И. Шипов

Введение

Известный американский теоретик Ли Смолин в своей замечательной книге «Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует» [1] определяет пять основных проблем, которые должна решить современная теоретическая физика:

1. *Объединить общую теорию относительности и квантовую теорию в одну теорию, которая может претендовать на роль полной теории природы.*
2. *Решить проблему обоснования квантовой механики либо путем придания смысла теории в ее существующем виде, либо путем изобретения новой теории, которая имеет смысл.*
3. *Определить, могут или нет известные нам взаимодействия и частицы быть объединены в теорию, которая объясняет их все как проявление единственной, фундаментальной сущности.*
4. *Объяснить, как в природе выбираются величины свободных констант в стандартной модели физики частиц.*
5. *Объяснить темную материю и темную энергию. Или, если они не существуют, определить, как и почему гравитация модифицируется на больших масштабах. Более обстоятельно объяснить, почему константы стандартной космологической модели, включая темную энергию, имеют те величины, которые имеют.*

Согласно мировому бестселлеру Брайан Грина «Элегантная Вселенная» [2], ни современная теория струн, ни Стандартная модель не только не решает эти проблемы, но и принципиально не в состоянии их решить.

«Мы все что-то прозевали, что-то очень важное», — пишет на последней странице своей книги «Путь к реальности» Роджер Пенроуз [3]. Я согласен с Р. Пенроузом и настоящая работа дает краткое представление о том, «что мы все прозевали». Последствия этого фундаментального «зевка», как мне представляется, привели к застою в фундаментальной физике и к низкой эффективности научных исследований.

Последняя фундаментальная физическая теория — теория гравитации Эйнштейна была завершена им в 1915 г. В чем же причина 100 летнего застоя в фундаментальной теоретической физике? Их несколько и все они носят, как и следовало ожидать, фундаментальный характер. В данной работе мы кратко укажем на них. Кроме того, будет показано, как теория Физического Вакуума [4] решает проблемы, перечисленные Л. Смолиным.

1 Реальность сил инерции

Еще Исаак Ньютон задался вопросом, какие силы искривляют поверхность воды во вращающемся ведре? На рис. 1 представлены два ведра с водой. Одно ведро движется с постоянным поступательным ускорением W вдоль оси x (рис. 1а), а другое вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси z (рис. 1б). И в том, и в другом случае геометрия поверхности воды отлична от горизонтальной плоскости, которую образует вода в покоящемся ведре или в ведре, которое движется прямолинейно и равномерно.

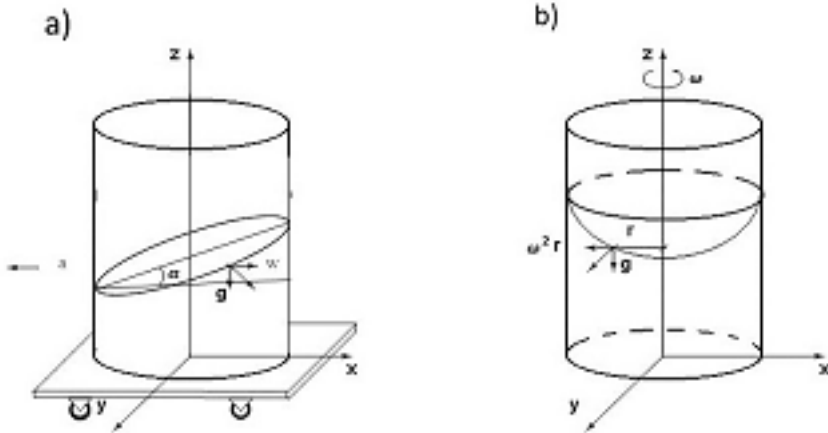


Рис. 1. Действие сил инерции в ведре Ньютона

Ньютон дает простой ответ на поставленный им же вопрос — на воду в ведре действуют силы инерции, которые возникают всякий раз, когда ведро движется ускоренно относительно *абсолютного пространства*. Это пространство обладает противоречивыми свойствами; 1) оно пронизывает все объекты и 2) не взаимодействует с ними. Позже Л. Эйлер записывает уравнения движения плотности ρ жидкости в ведре Ньютона

$$a) \quad \rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \rho \vec{g} - \rho \vec{W}, \tag{1}$$

$$b) \quad \rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \rho \vec{g} - \rho [\vec{\omega}[\vec{\omega} \vec{r}']], \tag{2}$$

где $\rho \vec{g}$ — гравитационная сила, $-\rho \vec{W}$ — сила инерции, возникающая при поступательном ускорении, $-\rho [\vec{\omega}[\vec{\omega} \vec{r}']]$ — центробежная сила инерции, $\vec{\omega}$ — угловая скорость вращения ведра, $|\vec{r}'| = r$ — радиус вектор от оси вращения до элемента с плотностью ρ , \vec{W} — *поле инерции*. Полная энергия плотности ρ в случаях а) и б) сохраняется

$$a) \quad \rho r W - \rho g z = \text{const}, \tag{3}$$

$$b) \quad \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \rho g z = \text{const}. \tag{4}$$

Решения уравнения (3) показывают, что поверхность воды образует плоскость с углом наклона к горизонту $\alpha = -\text{tg}(W/g)$. Решения уравнения

(4) образуют поверхность параболоида вращения. И в том и в другом случае мы наблюдаем эти поверхности в реальных экспериментах, находясь в инерциальной (лабораторной) системе отсчета. Отсюда следуют два важных вывода:

- 1) на объекты в инерциальной системе отсчета силы инерции не действуют, но можно наблюдать результат действия сил инерции в ускоренных системах отсчета, находясь в инерциальной системе;
- 2) силы инерции — это *реальные силы*.

Уравнения (1)–(4), подтверждающие экспериментальные факты, ясно показывают, что пора прекратить бесперспективные споры о реальности или нереальности сил инерции, поскольку приверженцы нереальности сил инерции очень активны и представляют собой существенный тормоз для развития современной физики.

2 Развитие представлений о физике вакуума

Ньютон считал, что: «Пространство является инструментом Бога. Оно абсолютно и существует независимо от материи». Абсолютное пространство Ньютона представляет собой некоторый прием для обоснования наблюдаемых, а, значит, реально существующих сил инерции. В процессе дальнейшего развития физики абсолютное пространство Ньютона было заменено такими понятиями как эфир и физический вакуум. Нам известны многие типы волн: волны на воде, звуковые волны и т.д., при этом для каждого вида волн необходима среда (вода, воздух, и т.д.), в которой они распространяются.



В 1863, Джеймс Клерк Максвелл показал, что свет представляет собой электромагнитные волны. Он полагал, что свет также должен распространяться в физической среде, которую он называл эфиром. Представления Дж. Максвелла об эфире были подвергнуты А. Эйнштейном сомнению после эксперимента Майкельсона-Морли. В 1905 г. А. Эйнштейн возвел отрицательный результат эксперимента Майкельсона-Морли в фундаментальный принцип природы: эфир не существует и: скорость света постоянна, независима от движения источника или наблюдателя. Это принудило его трактовать «пространство» и «время» как единое пространство-время.

тальный принцип природы: эфир не существует и: скорость света постоянна, независима от движения источника или наблюдателя. Это принудило его трактовать «пространство» и «время» как единое пространство-время.



В 1920 г. А. Эйнштейн меняет свою точку зрения и утверждает, что эфир есть и он называет эфир — физический вакуум, обладающий свойствами эластичности. Для описания упругих свойств физического вакуума А. Эйнштейн вводит уравнения

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = \frac{8\pi G}{\tilde{n}^4}T_{ik} \quad (5)$$

$$i, j, k \dots = 0, 1, 2, 3,$$

в которых материя T_{ik} деформирует пространство-время, при этом

падающий в вакууме объект движется в соответствии с прямыми линиями в искривленном 4D пространстве-времени.

Через 11 лет после введения А. Эйнштейном в теоретическую физику уравнений гравитации (5), Э. Шредингер постулирует свое знаменитое уравнение

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2M} \Delta \psi - U\psi = 0, \quad (6)$$

решение которого показывает, что квантовый осциллятор обладает вакуумной энергией $E = \hbar\omega/2$ (энергия нулевой точки) и любая частица, находясь в вакууме, осциллирует с частотой ω .



Это в полной мере относится к частицам с отличной от нуля массой покоя, таким как электрон, протон, нейтрон и т.д. , так и к безмассовым полям, таким как электромагнитное поле. Для экспериментального доказательства нулевых колебаний у электромагнитного поля, Хендрик Казимир поставил эксперимент, в котором две металлические пластинки притягивались под действием электромагнитных флуктуаций физического вакуума. Если поместить атом водорода в физический вакуум, то под



действием электромагнитных флуктуаций его уровень $2s^{1/2}$ расщепится на два уровня $2p^{1/2}$ и $2p^{3/2}$ (лэмбовский сдвиг). Частота перехода между этими уровнями составляет 1075 МГц, что и наблюдается в эксперименте.

Развитие квантовой теории поля показало, что все частицы представляют собой квантовые осцилляторы. Каждый тип частиц (фотоны, электроны, ...) описываются полем, заполняющим все пространство. В каждой точке пространства поле имеет возможность колебаться с любой частотой. Физическим вакуум в квантовой теории поля представляет собой море квантовых осцилляторов. Следующий шаг в представлении о структуре физического вакуума в квантовой теории поля был сделан П. Дираком, после того, как он постулировал спинорное уравнение

$$\left[\gamma^n \left(\hat{p}_n - \frac{e}{c} A_n \right) - i\mu c \right] \Psi = 0, \quad \hat{p}_n = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x_n}, \quad (7)$$

описывающее частицы и античастицы спина $s = \hbar/2$.

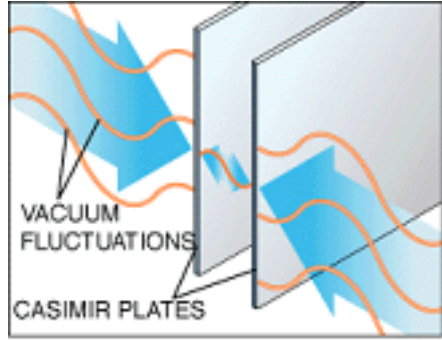


Рис. 2. Описание частиц и античастиц в теории Дирака

На рис. 2 представлена первая квантовая модель, в которой физический вакуум обладает структурой, имеющей положительные и отрицательные уровни энергии. Согласно модели Дирака, физический вакуум состоит из частиц с положительной энергией (электроны) и античастиц с отрицательной энергией (позитроны). Чтобы не нарушать классический принцип причинности (или направление стрелы времени только в будущее), Дирак называет электрон с отрицательной энергией «дыркой», что выглядит как маскировочный жест и не меняет сути дела, а именно — существование

в природе антиматерии. Уравнение (7) линейно по Ψ , обладает целым рядом недостатков и, по мнению Дирака, неверно в своей основе, поскольку применимо только для слабых электромагнитных полей $E, H \ll 10^{16}$ ед. СГСЕ и не слишком больших скоростей.

Как известно, волновой пакет, который описывает уравнение Шредингера (6), неустойчив и расплывается с течением времени. Кроме того, большинство частиц оказываются фермионами, т. е. имеют спин $s = (2n + 1)\hbar/2$, $n = 0, 1, 2 \dots$. Для описания массивных фермионов В. Гейзенберг предложил использовать нелинейное (солитонное) уравнение вида

$$\gamma^k \partial_k \Psi + l^2 \gamma_k \gamma_5 \Psi (\Psi^* \gamma^k \gamma_5 \Psi) = 0. \tag{8}$$

где l — некоторая фундаментальная длина, характеризующая элементарную частицу. Уравнение (8) содержит кубическую нелинейность по Ψ . Такого же типа нелинейность была использована Джери Гольдстоуном и Питером Хиггсом в уравнении

$$(\partial_k \partial^k - \mu^2 + \beta \phi^2) \phi = 0, \tag{9}$$

которое положено в основу модели спонтанного нарушения симметрии вакуума.



Рис. 3. Модель спонтанного нарушения симметрии вакуума

На рис. 3 показан потенциал $V(\phi)$ и знаменитая кривая, при вращении которой образуется «дно бутылки от шампанского». Модель вакуума, использующая уравнение (9), интересна тем, что вакуумное состояние (состояние вблизи точки $\phi = 0$) не является устойчивым. Устойчивому состоянию вакуума соответствует «частица Бога» — бозон Хиггса, за открытие которой Р. Хиггс был удостоен Нобелевской премии. В общем случае калибровочных полей, обычная производная в уравнении (9) заменяется «ковариантной» производной, содержащей калибровочное поле. Основная идея

теории калибровочных полей появилась в физике элементарных частиц. Ее суть состоит в том, что кроме базового координатного пространства x_k , существует «внутреннее» пространство, симметрии которого позволяют систематизировать уже открытые и предсказывать новые частицы или резонансы. Для описания «внутренних» свойств элементарных частиц используются неабелевы поля Янга-Миллса с уравнениями вида

$$F_{ik}^a - \partial_i A_k^a + \partial_k A_i^a - g f^{abc} A_{ib} A_{kc} = 0, \quad (10)$$

$$\partial^i F_{ik}^a + g f^{abc} A_b^i F_{ikc} = -J_k^a, \quad (11)$$

$$i, j, k \dots = 0, 1, 2, 3, \quad a, b, c \dots = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где $i, j, k \dots = 0, 1, 2, 3$ — координатные индексы внешнего пространства, $a, b, c \dots = 1, 2, 3, \dots, n$ — «координатные» индексы внутреннего пространства с калибровочной группой размерности $1, 2, 3, \dots, n$ и g — константа самодействия (или взаимодействия) поля Янга-Миллса. Уравнения (10) и (11) выглядят как чисто классические, однако волновая функция Ψ квантовой теории может входить в ток J_k^a . Различные модели современной теории элементарных частиц, такие, как спонтанное нарушение симметрии вакуума, квантовая хромодинамика или стандартная модель (содержащая до 20-ти подгоночных констант) обязательно используют нелинейные уравнения типа (10), (11).

3 Теория физического вакуума

Современная теория элементарных частиц (стандартная модель) обладает целым рядом недостатков:

1. Она не описывает гравитационные взаимодействия — в ней отсутствуют уравнения Эйнштейна (5).
2. Уравнение (9) слишком упрощено, содержит феноменологическую константу β и не дает точного ответа, какую группу внутренних симметрий надо выбрать, чтобы систематизировать элементарные частицы точно, без дополнительно полученных ненаблюдаемых в эксперименте частиц.
3. Уравнения Янга-Миллса (10), (11) содержат феноменологическую константу g и дают широкие возможности для выбора группы внутренних симметрий.
4. Квантовая электродинамика, положенная в основу квантовой теории поля, оказывается справедливой только для слабых полей $E, H \ll 10^{16}$ ед. СГСЕ и не слишком больших скоростей, хотя применяется на расстояниях порядка $r \approx 10^{-12}$ см, т. е. в зоне действия сильных полей.
5. Теории сильных и слабых взаимодействий — это бессодержательные феноменологические теории, представляющие собой начальные подходы временного характера к объяснению наблюдаемых явлений. Объединять такие теории с полуфундаментальной квантовой электродинамикой противоречит здравому смыслу и не имеет будущего.

6. До сих пор неясно, какую роль играют поля и силы инерции в теории элементарных частиц, в которой (из-за флуктуаций вакуума) *инерциальные системы отсчета отсутствуют в принципе*.

Перечисленных недостатков лишена теория Физического Вакуума, основанная на принципе всеобщей относительности и использующая уравнения Физического Вакуума

$$\nabla_{[k} e_m^a + e_{[k}^b T_{|b|m]}^a = 0, \quad (\text{A})$$

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \nu T_{ik}, \quad (\text{B.1})$$

$$C_{jkm}^i + 2\nabla_{[k} T_{|j|m]}^i + 2T_{s[k}^i T_{|j|m]}^s = -\nu J_{jkm}^i, \quad (\text{B.2})$$

$$i, j, k \dots = 0, 1, 2, 3, \quad a, b, c \dots = 0, 1, 2, 3.$$

3.1 Вакуумная гравитация и обобщение уравнений Эйнштейна

В теории физического вакуума уравнения Эйнштейна обобщаются и заменяются расширенной системой уравнений Эйнштейна–Янга–Миллса (A), (B.1), (B.2). Эти уравнения позволили решить вторую проблему Эйнштейна — геометризировать тензор энергии-импульса материи в уравнениях (B.1)

$$T_{jm} = -\frac{2}{\nu} \left\{ \left(\nabla_{[i} T_{|j|m]}^i + T_{s[i}^i T_{|j|m]}^s \right) - \frac{1}{2} g_{jm} g^{pn} \left(\nabla_{[i} T_{|p|n]}^i + T_{s[i}^i T_{|p|n]}^s \right) \right\}, \quad (12)$$

где T_{jm}^i — поля инерции, порожденные вращением систем отсчета, связанных с материей, согласно соотношению $T_{jn}^i = \Omega_j^i dx_n / ds$. Здесь Ω_j^i — тензор угловой скорости 4D вращения. Базовым элементом всеобщей относительности является ориентируемая материальная точка, которая объединяет трансляционную и вращательную относительности. Такой, более богатый по физическим свойствам, объект сводит всю *современную физику к теории гироскопических систем*.

С математической точки зрения, уравнения (A), (B.1), (B.2) представляют собой структурные уравнения Картана локальной группы Пуанкаре пространства $\hat{A}_4(6)$, при этом уравнения (A) оказываются структурными уравнениями локальной группы трансляций T_4 , а уравнения (B.1), (B.2) — структурные уравнения локальной группы вращений $\hat{I}(3.1)$. Уравнения (A) описывают кручение геометрии $\hat{A}_4(6)$ (поля инерции), а уравнения (B.1), (B.2) — калибровочное поле Эйнштейна–Янга–Миллса, с калибровочной группой $\hat{I}(3.1)$. В уравнениях (B.2) тензорный ток

$$J_{ijkm} = 2g_{[k(i} T_{j)m]} - \frac{1}{3} T g_{i[m} g_{k]j} \quad (13)$$

тоже определяется через поля инерции T_{jm}^i , а масса μ в уравнениях (B.1)

является мерой поля инерции

$$\mu = \int \frac{2g^{jm}}{\nu c^2} \left\{ \nabla_{[i} T_{j|m]}^i + T_{s[i} T_{j|m]}^s \right\} \sqrt{-g} dV. \quad (14)$$

Решения позволяют найти массу (14), тензор энергии-импульса (12) и ток (13) в уравнениях (А), (В.1), (В.2). Из уравнений (12)–(14) мы получаем в качестве следствий, например, зависимость массы от угловой скорости вращения элементов, из которых она состоит.

3.2 Вакуумная электродинамика и обобщение уравнений Максвелла–Лоренца

Уравнения Максвелла–Лоренца и квантовая электродинамика, построенная на их основе, оказываются справедливыми только для слабых полей $E, H \ll 10^{16}$ ед. СГСЕ и не слишком больших скоростей. Об этом нас предупреждали в разное время В. Паули, А. Эйнштейн и П. Дирак. Но самое важное ограничение уравнений электродинамики Максвелла–Лоренца связано с отсутствием релятивистской инвариантности этих уравнений при больших ускорениях.

К сожалению, современные учебники по классической и квантовой электродинамике обходят этот факт, поэтому создается впечатление, что уравнения электродинамики оказываются релятивистски инвариантными всегда.

Для описания сильных электромагнитных полей предлагается использовать уравнения Физического Вакуума (А), (В.1), (В.2). Решение этих уравнений вне источника, где тензор энергии-импульса (12) обращается в нуль (при этом поля инерции T_{jm}^i отличны от нуля) приводит к трансляционной метрике

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\Psi^0}{r} \right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{2\Psi^0}{r} \right)^{-1} dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2), \quad (15)$$

где $\Psi^0 = \text{const}$ — функция источника островного типа. Метрика (15) позволяет объединить сильные гравитационные и электромагнитные взаимодействия (см. рис. 4). Для этого достаточно положить в (15) $2\Psi^0 = r_g + r_e$. Здесь $r_g = 2MG/c^2$ — гравитационный радиус источника и $r_e = 2Ze^2/\mu c^2$ — электромагнитный радиус. На рис. 4 показана связь между метрикой (15) и потенциальной энергией Ньютона и Кулона, рассчитанных по формуле

$$U = -\mu c \left[\left(\eta_{ik} \frac{dx^i}{dt} \frac{dx^k}{dt} \right)^{1/2} - \left(g_{ik} \frac{dx^i}{dt} \frac{dx^k}{dt} \right)^{1/2} \right]. \quad (16)$$

Если для решения (15) выполняется условие $r_g \ll r_e$, то мы описываем электродинамику сильных полей без учета гравитационных взаимодействий. В этом случае мы имеем геометризованную электродинамику, в которой пространство событий искривлено сильным электромагнитным

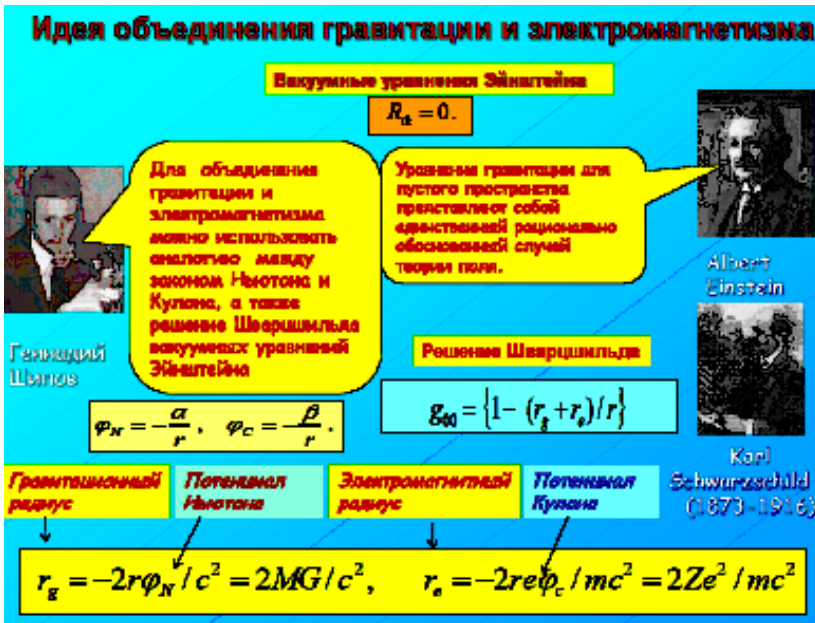


Рис. 4. Объединение гравитационных и электромагнитных взаимодействий

полем. В приближении точечного источника, уравнения поля (В.1) принимают вид

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = \frac{8\pi e}{\mu c^4} T_{ik}, \tag{17}$$

а уравнения движения пробного заряда с массой μ и зарядом e запишутся как

$$\frac{d^2x^i}{ds^2} = -\Gamma^i_{jk} \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds} = \frac{e}{\mu c^2} E^j_k \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds}. \tag{18}$$

Здесь $E^i_{jk} = -\frac{c^2}{2}g^{im}(a_{jm,k} + a_{km,j} - a_{jk,m}) = -\frac{\mu c^2}{e}\Gamma^i_{jk}$ — напряженность сильных электромагнитных полей и $a_{jm,k}$ — тензорный потенциал сильного электромагнитного поля и

$$R_{jm} = R^i_{jim} = -2\frac{e}{\mu c^2}\partial_i E^i_{[j|m]} + 2\frac{e^2}{\mu^2 c^4} E^i_{s[i} E^s_{|j|m]} \tag{19}$$

— тензор Риччи, определяемый через сильное электромагнитное поле E^i_{jk} . Решение уравнений движения (18) при движении в метрике, показанной на рис. 5, приводит к двум интегралам движения: закону сохранения полной энергии движущегося заряда (электрона)

$$\begin{aligned} E &= \mu c^2 \left(1 - \frac{2e^2}{\mu c^2} \frac{1}{r}\right)^{1/2} \frac{dx^0}{ds} \\ &= \mu c^2 \left(1 - \frac{2e^2}{\mu c^2} \frac{1}{r}\right)^{1/2} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} = \text{const} \end{aligned} \tag{20}$$

и закон сохранения орбитального момента

$$L = \mu r^2 \frac{d\phi}{ds} = \text{const}, \tag{21}$$

где ϕ — азимутальный угол. Соотношения (20) и (21) показывают, что в геометризированной электродинамике существует ускоренное движение заряда с сохранением энергии, т. е. без излучения электромагнитных волн. Это первый признак, указывающий на связь электродинамики сильных полей с квантовой механикой.

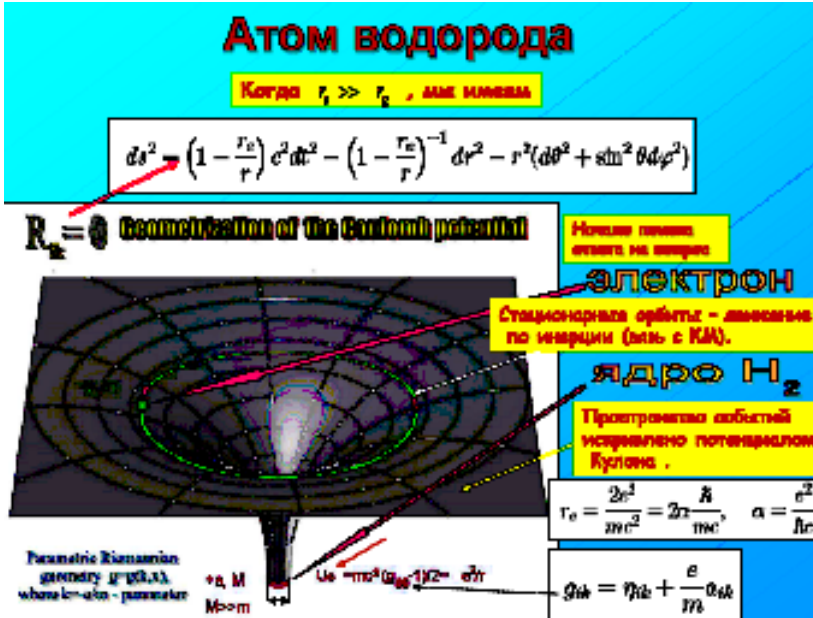


Рис. 5. Стационарные орбиты в атоме водорода как геодезические искривленного риманова пространства

3.3 Кантовая механика как динамика полей инерции

В теории Физического Вакуума проблема движения материи в уравнениях (В.1) следует из законов сохранения тензора энергии-импульса (12)

$$\nabla_i T^{ik} = 0, \tag{22}$$

$$\nabla_i^* T^{ik} = 0, \tag{23}$$

при этом уравнения (22) записаны относительно ускоренной (квази) инерциальной системы отсчета, уравнения (23) относительно произвольно ускоренной системы. В (квази) инерциальной системе отсчета тензор (12) упрощается и принимает вид

$$T_{jm} = \rho \tilde{n}^2 u_j u_m + \rho g_{jm}, \tag{24}$$

где плотность материи для источника островного типа определяется через поле инерции T_{jm}^i как

$$\rho = \Psi^0 \delta(\vec{r}) = \frac{1}{8\pi} \varphi^2(x^i), \quad (25)$$

Здесь $\delta(\vec{r})$ — дельта функция Дирака, $\varphi(x^i)$ — скалярное поле инерции, $u_m = dx_m/ds$, $u_m u^m = 1$ — единичный вектор 4D скорости. Подстановка (24) в (23), при учете условий $\nabla_i g^{ik} = 0$ и $\nabla_i \rho = 0$, приводит к уравнениям движения плотности материи (25) следующего вида: геометризованное уравнение непрерывности

$$\nabla_i(\rho u^i) = \partial_i(\rho u^i) + \rho u^n \Gamma_{nj}^j = 0; \quad (26)$$

геометризованные уравнения, подобные гидродинамическим уравнениям Эйлера

$$\rho \frac{du^k}{ds} + \rho \Gamma_{mn}^k u^m u^n = 0; \quad (27)$$

геометризованное уравнение для несжимаемой «идеальной жидкости»

$$\nabla_i \rho = \partial_i \rho = 0. \quad (28)$$

Уравнения (26) и (27) описывают движение клубка поля инерции, плотность которого определяется соотношением (25), причем соотношение (25) отображает известный в квантовой теории дуализм волна-частица в рассматриваемом нами приближении. Пусть источником является частица массы μ

$$\Psi^0 = \mu G/c^2, \quad (29)$$

тогда массу вакуумного возбуждения можно вычислить через интеграл

$$\mu = \int \rho dV = \frac{\tilde{n}^2}{8\pi G} \int \varphi^2(x^i) dV = \mu \int \psi * \psi dV, \quad dV = dx dy dz, \quad (30)$$

где комплексное поле инерции ψ нормировано на единицу

$$\int \psi * \psi dV = 1, \quad \psi(x^n) = \left(\frac{\tilde{n}^2}{8\pi G \mu} \right)^{1/2} \varphi \exp(ik_n x^n). \quad (31)$$

Сразу отметим, что физически масса μ в (30) не эквивалентна массе «пробной частицы». Действительно, масса μ в (30) является мерой поля инерции ψ , в то время как масса «пробной частицы» выступает как множитель в уравнениях движения классической механики. Кроме того, согласно уравнениям поля (B.1), масса μ создает вокруг себя гравитационное поле, а «пробная масса» не обладает никакими полями.

Удобно представить поле (31) в виде волны де Бройля

$$\psi(\vec{x}, t) = \sqrt{\rho(\vec{x}, t)} \exp(iS(\vec{x}, t)/\hbar) = \psi_0 \exp \frac{i}{\hbar} (Et - \vec{p}\vec{x}), \quad (32)$$

где S — геометризованное трансляционное действие

$$S(\vec{x}, t) = -\mu c \int ds = \mu c \int (g_{ik} dx^i dx^k)^{1/2}, \quad (33)$$

μ — масса частицы, c — скорость света, \hbar — постоянная Планка и

$$\sqrt{\rho(\vec{x}, t)} = \left(\frac{\tilde{n}^2}{8\pi G\mu} \right)^{1/2} \varphi(\vec{x}, t). \quad (34)$$

В нерелятивистском приближении слабых полей уравнение непрерывности (26) для плотности $\rho(\vec{x}, t)$ представляется в виде

$$\nabla_j(\rho u^j) \approx \partial_j(\rho u^j) = \partial_j \rho + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = \frac{\partial \psi * \psi}{\partial t} + \operatorname{div}(\psi * \psi \vec{v}) = 0. \quad (35)$$

Используя процедуру Маделунга, можно переписать уравнения (35) в виде двух уравнений Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2\mu} \Delta \psi - U\psi = 0, \quad i\hbar \frac{\partial \psi^*}{\partial t} - \frac{\hbar^2}{2\mu} \Delta \psi^* + U\psi^* = 0. \quad (36)$$

Таким образом, в теории Физического Вакуума уравнения Шредингера (36) описывают простейшую динамику поля инерции, связанного с любым физическим объектом. Понятно, что в данном случае потенциальная энергия в (36) имеет вид энергии самодействия $U = -\mu^2 G/r$. Все аналитические выкладки остаются справедливыми для случая, когда частица массы μ движется в гравитационном поле, создаваемом массой. Более того, уравнения (36) оказываются справедливыми и в случае чисто электромагнитных взаимодействий. Тогда, вместо (25), мы имеем

$$\rho = \frac{8\pi Z e^2}{\mu c^4} \delta(\vec{r}) = Z e \delta(\vec{r}) = \frac{\mu \tilde{n}^2}{8\pi e} \varphi^2(x^i), \quad (37)$$

при этом потенциальная энергия в уравнениях (36) имеет вид: $U = -Z e^2/r$ и мы получаем простейшие уравнения для описания квантовой структуры атомов. Для более полного описания элементарных частиц, как возбужденных состояний Физического Вакуума, необходимо использовать спинорную запись уравнений (A), (B.1), (B.2)

$$\begin{aligned} \nabla_{\beta\dot{\chi}} \iota_{\alpha} &= \nu o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \lambda o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \mu o_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \pi o_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ &- \gamma \iota_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \alpha \iota_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \beta \iota_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \varepsilon \iota_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \end{aligned} \quad (\overset{+}{A}_{s+}.1)$$

$$\begin{aligned} \nabla_{\beta\dot{\chi}} o_{\alpha} &= \gamma o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \alpha o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \beta o_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \varepsilon o_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ &- \tau \iota_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \rho \iota_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \sigma \iota_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \kappa \iota_{\alpha} \iota_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \end{aligned} \quad (\overset{+}{A}_{s+}.2)$$

$$\alpha, \beta \dots = 0, 1, \quad \dot{\chi}, \dot{\gamma} \dots = \dot{0}, \dot{1}$$

$$2\Phi_{ABC\dot{D}} + \Lambda \varepsilon_{AB} \varepsilon_{\dot{C}\dot{D}} = \nu T_{AC\dot{B}\dot{D}}, \quad (\overset{+}{B}_{s+}.1)$$

$$C_{A\dot{B}C\dot{D}} - \partial_{C\dot{D}} T_{A\dot{B}} + \partial_{A\dot{B}} T_{C\dot{D}} + (T_{C\dot{D}})_A^F T_{F\dot{B}} + (T_{\dot{D}C})_{\dot{B}}^{\dot{F}} T_{A\dot{F}} -$$

$$\begin{aligned}
& - (T_{AB})_C^F T_{FD} - (T_{BA}^+)_D^{\dot{F}} T_{CF} - [T_{AB} T_{CD}] \\
& = -\nu J_{ACBD}, \tag{B_{s+}.2}
\end{aligned}$$

$$A, B \dots = 0, 1, \quad \dot{B}, \dot{D} \dots = \dot{0}, \dot{1}.$$

Здесь спинорные уравнения $(\overset{+}{A}_{s+}.1)$ и $(\overset{+}{A}_{s+}.2)$ представляют собой вакуумное обобщение уравнений Гейзенберга (8), записанные через 2-компонентные спиноры ι_α и o_α . Уравнения $(\overset{+}{B}_{s+}.1)$ — спинорные, полностью геометризованные уравнения Эйнштейна и уравнения $(\overset{+}{B}_{s+}.2)$ — спинорные, полностью геометризованные уравнения Янга–Миллса с калибровочной группой $SL(2, C)$. Уравнения $(\overset{+}{A}_{s+}.1)$ и $(\overset{+}{A}_{s+}.2)$ содержат кубическую нелинейность по ι_α и o_α , а также 12 независимых комплексных компонент полей инерции T_{jm}^i (торсионных полей) $\nu, \lambda, \mu, \pi, \gamma, \alpha, \beta, \varepsilon, \tau, \rho, \sigma, \kappa$.

В уравнения $(\overset{+}{B}_{s+}.1)$ и $(\overset{+}{B}_{s+}.2)$ входят спинорные компоненты тензора Римана $\Phi_{AB\dot{C}\dot{D}}$, Λ , $C_{AB\dot{C}\dot{D}}$ и матричное представление полей инерции $T_{A\dot{F}}$ (матрицы Кармели). Каждое решение этих уравнений представляет собой элементарную частицу, рожденную из Физического Вакуума. Используя математический формализм вложения риманова пространства в плоское пространство большей размерности, можно классифицировать любое решение уравнений $(\overset{+}{A}_{s+}.1)$, $(\overset{+}{A}_{s+}.2)$, $(\overset{+}{B}_{s+}.1)$, $(\overset{+}{B}_{s+}.2)$ по группам изометрий. На рис. 6 представлены основные спинорные группы и подгруппы изометрий для плоских пространств вложения $E_p(r, s)$, где $p = r + s$ — размерность пространства вложения, а сигнатура $r + s$ означает r положительных и s отрицательных диагональных элементов у метрического тензора $\eta_{\mu\nu}(\mu, \nu = 1, 2, 3 \dots \bar{0})$ пространства $E_p(r, s)$. Когда решение найдено, то оно содержит одну или несколько констант интегрирования, которые определяют массу, заряд, спин и другие физические характеристики данного решения.

Если мы знаем минимальное пространство вложений для решения, то из таблицы на рис. 6 определяются группа симметрий, по которой надо классифицировать основные параметры элементарной частицы. Кроме того, формула (16) дает нам явный вид потенциальной энергии взаимодействия элементарной частицы. Например, решение уравнений $(\overset{+}{A}_{s+}.1)$, $(\overset{+}{A}_{s+}.2)$, $(\overset{+}{B}_{s+}.1)$, $(\overset{+}{B}_{s+}.2)$ с четырьмя произвольными константами интегрирования приводит к нерелятивистской потенциальной энергии вида

$$U = \frac{\mu \tilde{n}^2}{2} \left(\frac{r^2 - r(r_g + r_e) - r_N^2 + r_s^2 \cos^2 \theta}{r^2 + (r_N - r_s \cos \theta)^2} - 1 \right), \tag{38}$$

где $r_g = 2\mu G/c^2$ — гравитационный радиус, $r_e = 2Ze^2/\mu c^2$ — электромагнитный радиус, r_s — спиновый радиус, r_N — ядерный радиус. В теории Физического Вакуума потенциальная энергия (38) описывает (в нерелятивистском приближении) гравитационные, электромагнитные, ядерные (сильные) и спиновые (слабые) взаимодействия.

p	$E_p(r, s)$	$L_p(r, s)$	Спинорные группы	Важнейшие подгруппы
4	$E_4(3.1)$	$SO(3.1)$	$SL(2.C)$	
4	$E_4(2.2)$	$O(3.1)$	$SU(1.1) \times SU(1.1)$	
5	$E_5(4.1)$	$SO(4.1)$	$SL(4.C)$	$SU(2) \times SU(2)$
5	$E_5(3.2)$	$SO(3.2)$	$SU(1.1.1.1)$	$SU(1.1) \times SU(1.1)$
6	$E_6(5.1)$	$O(5.1)$	$SL(4.C)$	
6	$E_6(4.2)$	$O(4.2)$	$SU(2.2)$	$SU(2) \times SU(2)$
6	$E_6(3.3)$	$O(3.3)$	$SL(4.C)$	$SU(1.1) \times SU(1.1)$
7	$E_7(6.1)$	$SO(6.1)$	$SL(8.C)$	$SU(4)$
7	$E_7(5.2)$	$SO(5.2)$	$SU(2.2.2.2)$	$SU(2.2)$
7	$E_7(4.3)$	$SO(4.3)$	$SL(8.C)$	$SU(2) \times SU(2)$
8	$E_8(7.1)$	$O(7.1)$	$SL(8.C)$	$SU(4)$
8	$E_8(6.2)$	$O(6.2)$	$SU(1.1) \times SU(4.4)$	$SU(4)$
8	$E_8(5.3)$	$O(5.3)$	$SL(16.C)$	$SU(2) \times SU(2)$
8	$E_8(4.4)$	$O(4.4)$	$SU(1.1) \times SU(2.2.2.2)$	$SU(2) \times SU(2)$
9	$E_9(8.1)$	$SO(8.1)$	$SL(16.C)$	$SU(4)$
9	$E_9(7.2)$	$SO(7.2)$	$SU(4.4.4.4)$	$SU(4.4)$
9	$E_9(6.3)$	$SO(6.3)$	$SL(16.C)$	$SU(4)$
9	$E_9(5.4)$	$SO(5.4)$	$SU(2.2.2.2.2.2.2.2)$	$SU(2) \times SU(2)$
10	$E_{10}(9.1)$	$O(9.1)$	$SL(16.C)$	
10	$E_{10}(8.2)$	$O(8.2)$	$SU(8.8)$	$SU(8)$
10	$E_{10}(7.3)$	$O(7.3)$	$SL(16.C)$	
10	$E_{10}(6.4)$	$O(6.4)$	$SU(4.4.4.4)$	$SU(4)$
10	$E_{10}(5.5)$	$O(5.5)$	$SL(16.C)$	

Рис. 6. Классификация пространств вложения $E_p(r, s)$ по группам изометрий

3.4 Фундаментальный подход к описанию сильных взаимодействий

Пренебрегая в потенциальной энергии (38) гравитационными и спиновыми взаимодействиями, получим потенциальную энергию электро-ядерных взаимодействий элементарных частиц. Используя полученное значение потенциальной энергии, были проведены расчеты сечений упругого рассеяния нейтральных частиц — нейтронов с энергией 14.5 Мэв на ядрах олова Sn . Для расчетов были использованы классические уравнения движения нейтрона — уравнения Гамильтона–Якоби в метрике ядерного потенциала с $r_e = 0$, $r_N \cong 10^{-15}$ см.

Сравнение с экспериментальной кривой показывает, что потенциальная энергия (38) достаточно хорошо описывает ядерное взаимодействие нейтронов при малых углах рассеяния. При исследовании рассеяния протонов с энергией 17 Мэв на ядрах Cu было использовано квантовое уравнение Клейна–Гордона, при этом $r_e = 8.9 \cdot 10^{-15} \tilde{n}\lambda$, $r_N \cong 3.15 \cdot 10^{-15} \tilde{n}\lambda$. Сравнение теоретической и экспериментальной кривой показывает хорошее совпадение теоретической и экспериментальной кривой, как на малых, так и на больших углах рассеяния. Исследования упругого рассеяния для других атомов показали подтверждение эмпирического закона атомной физики $r_N \cong \dot{A}^{1/3}$, где \dot{A} — атомное число.

3.5 Фундаментальный подход к описанию слабых взаимодействий. Нейтрино как торсионное поле

Если мы будем полагать в (38) $r_g = r_N = 0$, то мы получим потенциальную энергию

$$U = \frac{\mu\tilde{n}^2}{2} \left(\frac{r^2 - rr_e + r_s^2 \cos^2 \theta}{r^2 + r_s^2 \cos^2 \theta} - 1 \right), \quad (39)$$

описывающую влияние спина источника на кулоновские взаимодействия. Например, пусть (39) описывает взаимодействие протона с электроном. На рис. 7 внизу справа представлен график потенциальной энергии для этого случая при $\cos \theta = 1$.

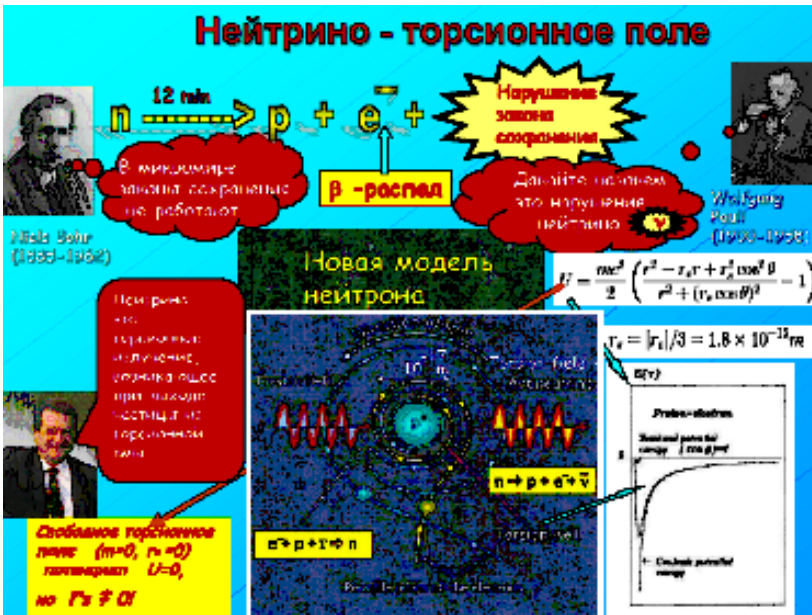


Рис. 7. Модель нейтрона, следующая из уравнений Физического Вакуума

Из графика видно, что на расстоянии $r_s = |r_e|/3 \cong 1.8 \cdot 10^{-15}$ м от центра протона появляется «торсионная яма». Попадая в эту яму, электрон какое-то время вращается вокруг протона, образуя метастабильное образование — нейтрон. Если в (39) положить при $r_e = 0$, $r_s \neq 0$, то потенциальная энергия (39) обращается в нуль. В этом случае мы имеем излучение, которое переносит только спин, и которое мы будем называть нейтрино. В традиционной физике понятие «нейтрино» было введено В. Паули гипотетически для того, чтобы при β — распаде нейтрона выполнялся закон сохранения импульса и закон сохранения спина системы протон-электрон до и после распада. Обращение потенциальной энергии (39) в нуль говорит о том, что «чисто торсионное» излучение - нейтрино обладает высокой проникающей способностью. Именно это свойство нейтрино наблюдается экспериментально.

3.6 Фундаментальный подход к описанию электромагнитных формфакторов

Отклонение от законов электродинамики слабых полей (от законов электродинамики Максвелла–Лоренца–Дирака) в области сильных полей наблюдается не только при сильных и слабых взаимодействиях, но и при электромагнитных взаимодействиях, если кинетическая энергия взаимодействующих частиц становится ультрарелятивистской. В частности, в экспериментах Р. Хофстадтера по упругому рассеянию ультрарелятивистских электронов с энергией 188 MeV на протонах, было обнаружено отклонение от формулы Мотта, описывающей рассеяние на потенциале Кулона (см. рис. 8). Используя для описания рассеяния электронов на протонах формулу (39), мы видим, что чем ближе электрон подходит к протону, тем сильнее сказывается влияние торсионной ямы, которое проявляется в виде сил отталкивания. На кривой сечения упругого рассеяния на рис. 8 мы видим, что экспериментальная кривая идет выше теоретической, рассчитанной по формуле Мотта. Это как раз соответствует появлению сил отталкивания на малых расстояниях. Подробные исследования этого вопроса еще ждут своего часа.

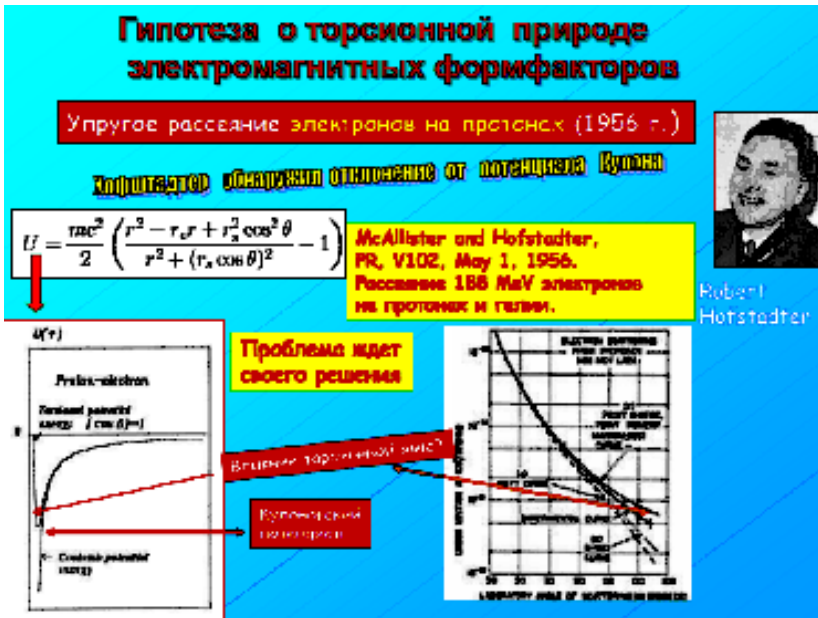


Рис. 8. Экспериментальное обнаружение отклонения от закона Кулона

3.7 Фундаментальный подход к описанию кварков

Из таблицы, представленной на рис. 6 видно, что наиболее простыми возбуждениями Физического Вакуума являются частицы, плоские пространства вложения которых имеют размерность пять, а именно: $E_5(4.1)$ и $E_5(3.2)$. Этим пространствам соответствуют решение уравнений Физического Ва-

куума с трансляционной метрикой типа де-Ситтера

$$ds^2 = \left(1 - \frac{\Lambda r^2}{3}\right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{\Lambda r^2}{3}\right)^{-1} dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2), \quad (40)$$

$$\Lambda = \text{const},$$

причем минимальным плоским пространством вложения для решения (40) при $\Lambda > 0$ оказывается пространство $E_5(4.1)$, а при $\Lambda < 0$, — пространство $E_5(3.3)$. Из рис. 6 находим, соответственно, группы изометрий $SO(4.1)$ и $SO(3.2)$. Используя формулу (16), находим нерелятивистскую потенциальную энергию взаимодействия вакуумного возбуждения, описываемого метрикой (40), с пробной частицей массы μ

$$U_\mu = \frac{\mu c^2}{2} (g_{00} - 1) = \mu c^2 \frac{\Lambda r^2}{6}, \quad (41)$$

где

$$\Phi = c^2 \frac{\Lambda r^2}{6} \quad (42)$$

— потенциал взаимодействия, которой для $\Lambda < 0$ имеет вид потенциала взаимодействия между кварками. Нерелятивистский гамильтониан, описывающий движение частицы в потенциале (42) имеет вид

$$H = \frac{\mu \vec{v}^2}{2} + \mu \Phi = \frac{\mu \vec{v}^2}{2} + \frac{\mu \omega^2 r^2}{2}, \quad \omega = c \sqrt{\frac{\Lambda}{3}}. \quad (43)$$

Решение уравнения Шредингера (36) с гамильтонианом (43) приводит к спектру энергий вида

$$\hat{A} = \hbar \omega \left(N + \frac{3}{2} \right), \quad N = 0, 1, \dots \quad (44)$$

Метрика (40), гамильтониан (43) и спектр (44) приводят к модели кварков, которая основана на симметрии $SU(3)$. Эта модель позволяет описать барионные и мезонные октеты, давая пример объединения теории относительности с квантовой теорией. Теперь, каждый раз, когда необходимо использовать группу симметрий для классификации элементарных частиц, мы будем находить решение уравнений Физического Вакуума и использовать таблицу на рис. 6, а не действовать наугад, как это происходит в настоящее время в ортодоксальном подходе.

3.8 Фундаментальный подход к описанию темной материи и темной энергии

«Как вверху, так и внизу» - говорил Гермес Трисмегист и этот принцип полностью реализуется в теории Физического Вакуума. На рис. 9 представлены космологические эксперименты, которые указывают на существование во Вселенной законов гравитации, отличных от законов теории гравитации Ньютона и Эйнштейна.

Наблюдения за движением звезд, удаленных от центра галактик, показывают не ньютоновский характер их движения, который сказывается



Рис. 9. Темная материя M_{dark} и темная энергия Λ_{dark} составляют 94% всего вещества Вселенной

в том, удаленные от центра гравитационного притяжения массы начинают двигаться с (почти) постоянной скоростью независимо от расстояния от центра притяжения. Для объяснения этих наблюдений, была выдвинута гипотеза, что галактики «окружены» темной материей, влияющей на движение звезд.

Рассмотрим решение уравнений Физического Вакуума (А), (В.1), (В.2), когда полностью геометризованный тензор энергии-импульса (12) в уравнениях (В.1) имеет вид

$$T_{ik} = \Lambda g_{ik}/\nu. \quad (45)$$

В случае гравитационных взаимодействий трансляционная метрика решения имеет вид

$$ds^2 = \left(1 - \frac{r_g}{r} - \frac{\Lambda r^2}{3} \right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{r_g}{r} - \frac{\Lambda r^2}{3} \right)^{-1} dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2), \quad (46)$$

а нерелятивистская потенциальная энергия (16) запишется как

$$U = -\frac{\mu c^2}{2} \left(\frac{r_g}{r} + \frac{1}{3} \Lambda r^2 \right). \quad (47)$$

На рис. 9 представлен графики потенциальной энергии Ньютона, кварковый потенциальной энергии (при $\Lambda < 0$) и совместной потенциальной энергии. На графике можно выделить 3 зоны: ближняя к центру гравитации зона 1, где $r_g/r \gg \Lambda r^2/3$ и действуют законы гравитации Ньютона; средняя зона 2, где $r_g/r \cong \Lambda r^2/3$ и действует кварковая добавка $\Lambda r^2/3$ к потенциалу Ньютона; дальняя от центра зона 3, где $r_g/r \ll \Lambda r^2/3$ и действует

чисто кварковый потенциал, при этом мы должны наблюдать разбегание галактик. Этот вывод подтверждают экспериментальные наблюдения расширения Вселенной, представлены на рис. 9 справа внизу. Следовательно, в теории Физического Вакуума темная материя и темная энергия, которую рассматривают как причину расширения Вселенной, имеют единый источник — космологическую константу Λ в уравнениях Физического Вакуума (A), (B.1), (B.2).

Заключение

В работе было дано краткое изложение основных идей и некоторых результатов теории Физического Вакуума [4], которые дают понять, что эта теория, после соответствующей ее доработки, явно претендует на место *новой фундаментальной физической теории*. Только эта теория решает самую главную проблему современной физики — она объединяет релятивистский и квантовый Вакуумы. Это оказалось возможным благодаря новым представлениям о силах и полях инерции (торсионных полях) в окружающей нас реальности.

Литература

1. *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. Бостон, 2006, 1955 с. (См. пер. с английского на русский на сайте <http://www.rodon.org/sl/nsfvtsunichzes>).
2. *Грин Б.* Элегантная Вселенная, Москва: Едиториал УРСС, 2005, 288 с.
3. *Пенроуз Р.* Путь к Реальности. Из-во: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007; *Penrose R.* The Road to Reality. Alfred F. Knopf — New York, 2005, 1099 p.
4. *Шипов Г. И.* Теория Физического Вакуума. Москва, Наука, 1997, 450 с.