

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ГРАВИТАЦИЯ

А. П. Будехин

Исходя из модели, электрон-позитронного вакуума в толковании Р. Фейнмана оценена сила взаимодействия облака виртуальных позитронов, перешедших из вакуума под действием поля заряженной частицы, с другой одноименной заряженной частицей. Данная сила является силой притяжения и по порядку величин сравнима с гравитационной силой между частицами. Для всех элементарных частиц, обладающих электрическим зарядом, от мюона до амега-гиперона, облако позитронов, обеспечивающее данный эффект, располагается вблизи классического радиуса частицы. Для электрона это расстояние равно 100 классическим радиусам.

Исходя из этой оценки можно, предположить, что гравитационное взаимодействие является квантовым эффектом электромагнитного взаимодействия.

Ключевые слова: электромагнитное взаимодействие, электрон-позитронный вакуум, виртуальный позитрон, гравитационное взаимодействие, классический радиус.

Общее решение уравнения Дирака для свободного электрона [1]

$$(\gamma_{\mu} \frac{\partial}{\partial x_{\mu}} + m)\varphi = 0$$

можно разделить на решения с положительной и отрицательной частотами

$$\varphi(r; t) = \varphi^{+}(r; t) + \varphi^{-}(r; t)$$

существование решений двух типов - с положительной и отрицательной - имеет фундаментальное значение. Это приводит к выводу, что в релятивистской квантовой механике невозможно сохранить обычную интерпретацию нерелятивистской квантовой механики, согласно которой собственные значения гамильтониана имеют смысл значений энергии частицы (так как решения с положительными и отрицательными частотами относятся к различным собственным значениям гамильтониана).

Поэтому, согласно обычной интерпретации собственных значений гамильтониана, это означало бы существование у свободного электрона состояний с отрицательной энергией, то есть отсутствие наинизшего энергетического состояния. Отсюда бы следовало, что при взаимодействии с другими частицами, электрон мог бы неограниченно отдавать свою энергию, переходя во всё более низкие энергетические состояния, что физически бессмысленно.

Для того чтобы избежать таких переходов, П. Дирак предложил считать все уровни с отрицательной энергией заполненными электронами, благодаря чему электроны с положительной энергией не смогут переходить в обычных условиях на эти уровни. Резервуар состояний с отрицательной энергией получил название электрон-позитронный вакуум. Электроны в этом состоянии не наблюдаемы.

Иная интерпретация состояний с отрицательной энергией была предложена Р. Фейнманом [2]. Основная идея его состоит в том, что состояния с отрицательной энергией рассматриваются как состояния, в которых движение электронов носит возвратный характер во времени в классическом уравнении движения

Изменение направления собственного времени S эквивалентно изменению знака заряда частицы, так что движущийся обратно во времени электрон подобен позитрону, движущемуся в обычном направлении.

В данной работе используется фейнмановская версия вакуума, в которой два континуума – верхний с положительной энергией ($E = mc^2$) и нижний с отрицательной энергией ($E = -mc^2$) разделены потенциальным барьером.

За счёт эффекта Клейна время от времени позитроны из нижнего континуума под воздействием электрического поля одного электрона переходят в верхний. Таким образом, реальный электрон оказывается, окружен облаком из позитронов. Это облако взаимодействует с другим электроном, создавая силу притяжения между электронами.

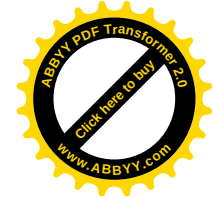
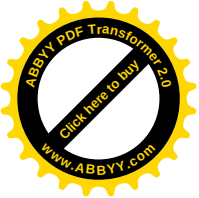
Оценим порядок этой силы. С этой целью рассмотрим более простую задачу, решение которой хорошо известно: то есть переход фермионов из вакуума под действие постоянного и однородного электрического поля. [1]

То есть в первом приближении будем рассматривать электрическое поле вблизи электрона, как однородное, в некоторой небольшой области, где значение поля позволяет переход позитронам через потенциальный барьер.

Вероятность перехода в квазиклассическом приближении определяется по формуле

$$D = \exp(-2 \int_a^b |p(z)| dz)$$

где:



$$p(z) = \sqrt{(\varepsilon + eEz)^2 - m^2 - p_{\perp}^2}$$
$$p_{\perp}^2 = p_x^2 + p_y^2$$

Среднее число позитронов, переходящих барьер под действием поля, в единице объёма в единицу времени равно

$$n = \frac{2 \int D \frac{V d^3 p}{(2\pi)^3}}{VT} = \left(\frac{he^2}{4\pi\varepsilon_0 m^2 c^3 r^2} \right)^2 \frac{1}{(2\pi)^3} \exp \left(\frac{-\pi m^2 c^3}{Ee} \right)$$

где: r – расстояние, определяющее напряженность поля

$$E = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (1)$$

Заряд облака позитронов, заключенный в объеме $\frac{4}{3}\pi r^3$ равен

$$Q = \frac{4}{3}\pi n r^3 e = \frac{4\pi h^2 e^5 81 \cdot 10^{18}}{3m^4 c^6 r (2\pi)^3} \exp \left(\frac{-\pi m^2 c^3}{hEe} \right)$$

Сила электрического притяжения облака позитронов к свободному электрону равна

$$F = \frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{K}{R^2}$$

R - расстояние между электронами

$$K = \frac{4\pi h^2 e^6 \cdot 729 \cdot 10^{27}}{3m^4 c^6 r (2\pi)^3} \exp \left(\frac{-\pi m^2 c^3}{hEe} \right) \quad (2)$$

Приведем первую производную K по r к нулю, предварительно подставив (1) в (2). После несложных преобразований получаем

$$-\frac{1}{r^2} - \frac{8\pi^2 \varepsilon_0 r m^2 c^3}{he^2} = 0 \quad (3)$$

Так как эта производная никогда не равняется нулю (она всегда меньше нуля), отсюда следует, что K с ростом r убывает. Следовательно, наибольшее значение коэффициент K достигает вблизи частицы.

Интересно, что при r близких к расстояниям порядка классических радиусов частицы, для гкл различных частиц сила притяжения, обусловленная поляризацией вакуума, близка к силе гравитационного притяжения между одноимёнными частицами.

$$\text{Здесь } r\hat{e}\ddot{e} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 mc^2}$$

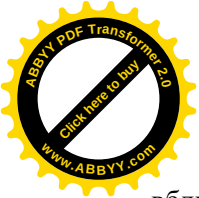
Следовательно, если величина электрического поля вблизи заряженной частицы достаточна для перехода позитронов из вакуума, то сила притяжения облака вышедших позитронов равна гравитационной силе притяжения одноимённых частиц друг к другу.

Используя формулы (1) и (2), можно оценить значения r при которых поляризация вакуума приводит к появлению силы притяжения между двумя одноимёнными частицами, сравнимой с силой гравитации.

Ниже в таблице приведены радиусы позитронного облака для различных частиц, при которых коэффициент K , вычисленный по формуле (2) (характеризующий силу притяжения) и $K_{гр}$, характеризующее гравитационное взаимодействие, равны друг другу. $K=K_{гр}$

где $K_{гр}=Gm^2$

частица	средний радиус облака в сравнении с классическим радиусом частицы	классический радиус частицы, м	средний радиус облака позитронов, м
электрон	1000 классических радиусов электрона	$2,8 \cdot 10^{-15}$	$1,1 \cdot 10^{12}$
мюон	0,01 классических радиус мюона	$4,8 \cdot 10^{-18}$	10^{-19}
тау-лептон	0,4 классического радиуса тау-лептона	$8 \cdot 10^{-19}$	$3 \cdot 10^{-19}$
пи-мезоны	4,5 классических радиусов пи-мезона	10^{-17}	$4,5 \cdot 10^{-17}$
ка-мезоны	1,2 классических радиусов ка-мезонов	$3 \cdot 10^{-18}$	$3,4 \cdot 10^{-18}$
протон	0,6 классических радиусов протона	$1,5 \cdot 10^{-18}$	$9,5 \cdot 10^{-19}$
сигма-гипероны	0,7 классического радиуса сигма-гиперона	$12 \cdot 10^{-19}$	$8 \cdot 10^{-19}$
кси-гипероны	0,5 классического радиуса кси-гиперона	10^{-18}	$4,9 \cdot 10^{-19}$
омега-гиперон	0,4 классического радиуса омега-гиперона	$8,6 \cdot 10^{-19}$	$3 \cdot 10^{-19}$



Как видно из таблицы, для всех частиц, кроме электрона, облако позитронов, располагающееся вблизи классических радиусов этих частиц, создаёт силу притяжения между одноимёнными частицами, равную гравитационной силе притяжения.

Так как данные вычисления производились, исходя из предположения однородности электрического поля на некотором малом расстоянии вблизи частиц, и при этом получились относительно близкие результаты по g для различных частиц (то есть, облако позитронов лежит в пределах от 10^{-18} до 10^{-19} м. для большинства частиц), то отсюда можно сделать следующие выводы:

- а) предположение об однородности E на малых расстояниях оправдано для более тяжелых частиц;
- б) равенство порядков значений сил, обусловленных облаком позитронов, порядку гравитационных сил, позволяет предположить, что гравитационное взаимодействие является квантовым эффектом электромагнитных взаимодействий.

Based on the model, the electron-positron vacuum in the interpretation of Feynman estimated strength of the interaction of clouds of virtual positrons, referred from the vacuum under the action of the first electron to the second electron. This force is the force of attraction and in order of magnitude comparable to the gravitational force between amid particles. For all elementary particles to have electrical charge from muons to omega – hyperons, the cloud of positrons provides this effect, has at ones disposal near classical radius of the particle. For electron, this distance has too classical radiuses.

On the basis of this assessment, we assume that the gravitational interaction is a quantum effect of the electromagnetic interaction.

The key words: *Electromagnetic interference Electron-positron vacuum Virtual positron Gravitational interaction The electromagnetic nature of gravity*

Список литературы

1. Ахиезер А.П. Квантовая электродинамика М.:Наука,1981. 430 с.
2. Фейнман Р. Квантовая электродинамика М. 2009 . 218 с.

Об авторе

Будехин А.П. – Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,
dodzo@yandex.ru