

530.1

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**О ВОЗМОЖНОМ ИЗЛУЧЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

В УФН (том 88, вып. 1, январь 1966 г.) была помещена рецензия Я. Б. Зельдовича и Я. А. Смородинского на мою книгу «Гравитационное поле и элементарные частицы» (М., изд-во «Наука», 1965 г.).

В книге рассматривается очень важный для развития основных физических представлений о Вселенной и элементарных частицах вопрос, могут ли элементарные частицы, находясь в гравитационном поле, излучать гравитоны. В книге на этот вопрос дается утвердительный ответ.

Именно этот принципиальный раздел книги подвергнут достаточно резкой критике со стороны рецензентов. Они, в частности, пишут: «Выводы, следующие из недопустимого предположения об излучении гравитонов покоящимися, невозбужденными нуклонами и ядрами, вообще не могут быть предметом дискуссии!»

Утверждения рецензентов вообще носят довольно категоричный характер. Это относится к их указаниям о ... «незыблемо установленных» законах физики, о том..., «что идеи (автора) не соответствуют действительности», поскольку... «резко противоречат твердо установленным квантовым свойствам вещества и другим». Такая категоричность мнений рецензентов сразу же настораживает. С одной стороны, она противоречит диалектическому характеру развития научных представлений, столь убедительно и наглядно выявившемуся как раз в области теории относительности и учения о нуклонах. Сколько «незыблемых» истин было ниспровергнуто за последние 50—60 лет по сколько представлений, «резко противоречивших» ранее общепринятым законам, сейчас признано всеми!

С другой стороны, такая противоречивость развития науки обязывает каждого исследователя и каждого участника научной дискуссии к внимательной оценке условий и обстоятельств, при которых оказываются действительными те или иные законы и соотношения. К сожалению, рецензенты не проявили достаточной объективности при анализе и оценке новых идей в моей книге, что и привело, несмотря на совершенно бесспорную высокую их научную компетенцию, к ряду серьезных ошибок в рецензии.

Рецензенты совершенно не правы, когда считают, что дискуссия по вопросам, изложенным во второй части монографии (они называют ее третьей частью), вообще не может иметь места.

Я придерживаюсь противоположного взгляда и считаю, что дискуссия здесь не только уместна, но и необходима.

Мне приписывается утверждение, что элементарные частицы излучают в основном состоянии, этот пункт подвергается наибольшей критике в рецензии.

Рецензенты, конечно, совершенно правы, когда считают, что излучение не может иметь места в основном состоянии, т. е. в случае покоящихся, невозбужденных нуклонов, поскольку это утверждение просто тавтологично. Они, видимо, не очень внимательно прочли соответствующие разделы книги, в которых указывается, что излучение может появиться лишь благодаря взаимодействию частиц с неоднородным, переменным гравитационным полем, в котором они не могут покоиться и всегда будут хотя и слабо, но возбуждены. В книге четко написано (стр. 191), что в основном состоянии частицы не обладают квадрупольным моментом (и, следовательно, излучать не могут). Далее, на стр. 191, 192 и во многих других местах книги (стр. 240—243) объясняется, что излучение может иметь место только в гравитационном поле.

Рассмотрим этот вопрос подробнее, тем более, что рецензенты полностью игнорируют § 8 второй части книги, где вычисляется квадрупольный момент частиц в гравитационном поле и показано, что в случае поля для частиц со спином $s = 1/2$ квадрупольный момент не равен нулю, поскольку полный момент при этом не равен $1/2$. Квадрупольный момент стремится к нулю лишь в отсутствие поля, и, таким образом, выполняется принцип соответствия.

Хорошо известно, что квантовая механика, не учитывающая явно взаимодействие частиц с гравитационным полем, действительно запрещает как излучение электромаг-

нитных волн, так и «корпускулярное излучение» частиц, находящихся в основном состоянии. В квантовой механике и квантовой теории поля при этом заранее предполагается, что такое основное, т. е. стационарное с минимальной энергией, состояние заведомо может осуществляться. А это предположение в свою очередь является следствием предположения, что данные частицы могут рассматриваться совершенно изолированно, «заэкранированными» от взаимодействия с другими частицами и полями. Поскольку можно изолироваться от любых полей, кроме гравитационного, и современная квантовая механика и квантовая теория поля являются теориями в плоском пространстве-времени Минковского, то в них не учитывается взаимодействие с универсальным гравитационным полем, «экранирование» от которого, согласно общей теории относительности, невозможно. Современные эксперименты показывают, что это выполняется во всяком случае с относительной точностью, меньшей чем 10^{-12} . Изоляция частиц от поля тяжести противоречит, таким образом, не только принципам ОТО, но и экспериментам.

Например, одинокий (заэкранированный от всех полей) нуклон является стационарной суперпозицией (в квантовомеханическом смысле) ряда состояний нуклона. Эта суперпозиция является сферически симметричной, что и должно быть для частиц со спином $s = 1/2$, и, следовательно, подобные частицы не могут излучать и всегда будут находиться в основном стационарном состоянии.

Если протон не один, а где-то находится другой протон, то невозможность экранирования от поля тяжести приведет к тому, что оба протона не будут являться сферически симметричными суперпозициями разных виртуальных состояний, поскольку возникнут «приливные силы», возмущающие мезонные оболочки.

Периодичность ряда состояний протонов при нарушении их сферически симметричной формы приведет к нарушению строго стационарных состояний, что в свою очередь приведет к излучению и поглощению энергии гравитационного поля.

В случае гравитационного взаимодействия многих движущихся частиц возмущение поверхности каждой частицы будет зависеть от возмущения, или флуктуации, метрики. Величина флуктуации метрики зависит от реальных (а не виртуальных) движений реальных макроскопических и микроскопических частиц, она характеризуется величиной

$$L = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = r_0 \cdot 10^{-20} \approx 10^{-33} \text{ см}, \quad (1)$$

где $r_0 \approx 10^{-13}$ см — размеры нуклона.

Поскольку элементарные частицы в гравитационном поле представляют собой реальные осцилляторы с частотой $\omega_0 = \frac{c}{r_0} \approx 10^{23}$ сек $^{-1}$, нам необходимо рассмотреть вероятности возможных квантовых переходов этих осцилляторов под влиянием действия флуктуирующего гравитационного поля. Поскольку возмущения поля малы, соответствующее решение уравнения Шрёдингера приводит к соотношению

$$W_{0K} = \left(\frac{m\omega X_0^2}{\hbar} \right)^K = \left(\frac{X_0}{r_0} \right)^{2K}, \quad (2)$$

где W_{0K} — вероятность перехода из основного стационарного состояния в возбужденное состояние уровня K , ω — частота осциллятора, X_0 — смещение. Здесь m — масса нуклона, $\omega = \omega_0$, $X_0 = L$; поэтому

$$\omega_{0K} = \left(\frac{L}{r_0} \right)^{2K} = \left(\frac{G\hbar}{c^3 r_0^2} \right)^K. \quad (3)$$

При переходе в наименьшее возбуждение состояние ($K = 1$)

$$W_{01} = \left(\frac{L}{r_0} \right)^2 = \frac{G\hbar}{c^3 r_0^2} \approx 10^{-40}. \quad (4)$$

Среднее значение $\bar{K} = \frac{1}{2} W_{01} \approx 10^{-40}$. Таким образом, излучение энергии будет

соответствовать величине $\bar{K} \approx 10^{-40}$, что как раз соответствует отношению энергии гравитационного поля к энергии сильных взаимодействий для нуклона и что было обстоятельно вычислено в монографии. При этом возмущение энергии

$$\Delta E = \bar{K} \hbar \omega_0 = \hbar \omega_0 \left(\frac{L}{r_0} \right)^2 = \hbar \omega_0 \frac{G\hbar}{c^3 r_0^2} = \hbar g \omega_0,$$

где

$$\hbar_g = \hbar \frac{G\hbar}{c^3 r_0^2} = \hbar \left(\frac{L}{r_0} \right)^2 = 10^{-40} \hbar; \quad (5)$$

назовем величину \hbar_g «гравитационной постоянной» Планка, введенной в монографии из эвристических предположений.

В самом начале рецензии указывается, что эти мои идеи не удовлетворяют принципу соответствия. Это тоже ничем не обоснованное «обвинение». В самом деле, при $G = 0$ или $\hbar = 0$ (т. е. при пренебрежении гравитационным полем или квантовыми эффектами) $\hbar_g = 0$ и излучения «выключаются», а принцип соответствия выполняется. К аналогичному результату можно прийти, если рассмотреть квадрированное уравнение Дирака в римановом пространстве:

$$(g^{ih} \hat{p}_i \hat{p}_h + m^2 c^2 + \hbar^2 A^{ih} R_{ih}) \psi = 0, \quad (6)$$

где $A^{ih} R_{ih} = f(\gamma) R$, γ — матрицы Дирака, R — кривизна; для нуклонов будем иметь

$$\hbar^2 R = m^2 c^2 \frac{\hbar_g}{\hbar} = m^2 c^2 \left(\frac{L}{r_0} \right)^2 = m^2 c^2 \frac{G\hbar}{c^3 r_0^2}. \quad (7)$$

При этом спин «зацепляется» за гравитационное поле, и, следовательно, его поворот в поле требует затраты энергии.

Метод адиабатических инвариантов также приводит к аналогичной величине возмущения энергии нуклонов в гравитационном поле, причем в этом методе учитывается убывающая со временем плотность энергии гравитационного поля Метагалактики, что приводит к необратимым излучениям гравитонов из элементарных частиц. Нелинейность гравитационного поля сильно отличает его от электромагнитного и должна приводить к необратимым процессам и, в частности, к диссипации энергии.

Полезно отметить еще одно важное свойство гравитационного поля. Оно делает

«голые» частицы не точечными, а имеющими по Ландау размеры $L = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} \approx 10^{-33}$ см. При $G = 0$ $L = 0$, т. е. без гравитационного поля частица как бы становится точечной. При этом, учитывая реальные флуктуации импульса или момента гравитационного поля, величина полного сохраняющегося момента частицы или «среднего спина» в представлении Фолди — Вотхойзена есть $\hbar \left(\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3 r_0^2}} \right)$, причем средняя квадратичная величина флуктуации скорости частицы $(\overline{\Delta V})^2 = \frac{G\hbar}{c r_0^2}$.

Итак, наши рассуждения и вычисления показывают, что любая частица, находящаяся в гравитационном поле, не будет иметь основного стационарного состояния; можно лишь говорить о состоянии с минимальной энергией, величина которой уменьшается во времени. Само понятие строго стационарного состояния противоречит основным общековариантным понятиям общей теории относительности, трактующей гравитацию как универсальное взаимодействие, ведущее к изменению метрики, т. е. к изменению геометрии пространства и любых образований в нем. Поскольку система неподвижных гравитирующих тел существовать не может, метрика пространства меняется со временем, плотность энергии уменьшается, что заставляет частицы излучать. Это излучение будет происходить под влиянием возмущающего действия гравитационного поля и сопровождаться электромагнитным излучением такой же интенсивности, имеющим характер флуктуаций (см. стр. 243, 251).

Понятие гравитационного вакуума, очевидно, лишено смысла, поскольку нелинейное гравитационное поле является не еще одним полем, а универсальным полем, присутствующим при любых взаимодействиях, что приводит к существованию реальных гравитонов (неустрашимой кривизны R_{iklm}), а это в свою очередь показывает, что всегда будет иметь место условие $a^+ \psi_0 \neq 0$, что противоречит условию существования вакуума.

Таким образом, состояний, в которых отсутствуют реальные гравитоны, не существует. В противном случае поле не было бы универсальным.

Реальные флуктуации гравитационного поля делают любые частицы «различными» с точностью до флуктуаций поля. Видимо, принцип Паули в римановом пространстве должен быть также обобщен (или отменен), должны быть добавлены новые степени свободы, связанные с гравитационным полем, причем их множество может быть счетномерным. Этот принцип основан на статистическом понятии вакуума с нулевой плотностью энергии, что не имеет места в гравитационном поле. Интересно отметить, что увеличение излучения движущихся нуклонов компенсируется тем, что за единицу собственного времени излучается меньше энергии. Кстати, разность в интенсивности излучения частиц различных энергий не противоречит принципу Паули.

Необходимо интенсивное развитие эксперимента для доказательства или опровержения поставленных в монографии и здесь проблем, поскольку это находится еще вне компетенции техники современного эксперимента.

Утверждать, что излучение не может иметь места, — это значит прийти в противоречие с основными проверенными экспериментальными положениями общей теории относительности.

Именно к этому противоречию между квантовой механикой и теорией относительности пришел сам ее творец, а ныне и авторы рецензии, причем в более элементарном виде.

Резюмируя, можно сказать: суть возражения рецензентов сводится к утверждению, что моя теория в чем-то отлична от старой теории поля. Действительно, в старой теории не учитывалось взаимодействие частиц с гравитационным полем и поэтому существовало понятие основного состояния. В новой теории, учитывающей гравитационное поле, понятие основного состояния не является определенным, состояние с минимальной энергией изменяется со временем и расщепляется. Данная теория не только не противоречит ОТО, а, напротив, согласует позиции ОТО с квантовыми представлениями.

Конечно, я заранее не могу считать эту теорию ни абсолютной истиной, ни неуязвимой от замечаний и поправок. Однако мне кажется, что некоторые положения, развиваемые впервые в монографии, могут принести определенную пользу при исследовании основных свойств материи.

К. П. Станюкович