Квантовая модель тяготения

Анатолий ГРИНЧИК

Введение

В квантовой электродинамике взаимодействие между заряженными частицами осуществляется путем обмена фотонами: одна из взаимодействующих частиц испускает фотон, который, перемещаясь в пространстве с конечной скоростью, достигает второй взаимодействующей частицы и изменяет состояние ее движения. Заряженная частица непрерывно испускает и поглощает фотоны, которые образуют, окружающее ее, электромагнитное поле. Энергия фотона W связана с частотой электромагнитного излучения ν: $W = h\nu$, где h – постоянная Планка. В свою очередь, частота электромагнитного излучения, регистрируемая приемником, зависит от относительного движения источника и приемника этого излучения. Следовательно, сила взаимодействия между заряженными частицами зависит от их относительной скорости.

Схожесть законов Кулона и всемирного тяготения заставляет думать, что аналогичным механизмом обладает и гравитационное взаимодействие: материальные тела обмениваются квантами гравитационной энергии, вследствие чего происходит их взаимное сближение. При этом скорость, приобретаемая каждым телом в результате взаимодействия, напрямую зависит от количества гравитационной энергии, поглощаемой им за единицу времени.

Рассмотрим систему, состоящую из двух одинаковых гравитационных источников, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Пробное тело, помещенное в середину отрезка, соединяющего данные источники, будет поглощать за единицу времени от каждого из них одно и то же количество гравитационной энергии $E = Q / t$, где Q – энергия, поглощаемая пробным телом от каждого источника за время t. Результирующая сила тяготения в рассматриваемой точке системы равна нулю. Пробное тело сохраняет состояние покоя.

В случае движения пробного тела со скоростью v через рассматриваемую точку системы в сторону одного из источников гравитационной энергии, вследствие эффекта Доплера возникает неуравновешенная сила тяготения, так как в направлении своего движения пробное тело поглощает за единицу времени гравитационную энергию в количестве

$$E_1 = E(1 + \frac{v}{u}).$$

а с противоположной стороны

$$E_2 = E(1 - \frac{v}{u}).$$

где u – скорость распространения гравитационной энергии.

Может ли эта, неуравновешенная сила тяготения, возникающая вследствие движения тел, являться причиной инерции?

Если наше предположение соответствует действительности, необходимо признать, что любое движение, в том числе и равномерное, возможно только при наличии некоторой силы, приложенной к движущемуся телу. В рассмотренном выше примере пробное тело, двигаясь с постоянной скоростью v, за равные промежутки времени поглощает равные порции неуравновешенной гравитационной энергии

$$\Delta E = E_1 - E_2 = E\frac{2v}{u}.$$

Если эта энергия является единственной причиной движения тела, его скорость будет равна

$$v = kE\frac{2v}{u}.$$

где k – коэффициент пропорциональности. Из последней формулы вытекает условие равномерного движения пробного тела для рассмотренного примера: $2kE = u$.

Найденное условие может быть создано сразу для всех направлений в центре однородного по плотности шара. А если предположить, что радиус гравитационного взаимодействия имеет конечную величину R_G, то любую точку пространства можно считать центром такого шара. В этом случае движущееся тело взаимодействует только с той частью вселенной, которая расположена внутри сферы с радиусом R_G, окружающей данное тело.

Изложенные рассуждения привели к следующей модели гравитационного взаимодействия.

Основные определения

Введем особую систему отсчета, связанную с *гравитационным эфиром* – неподвижной средой, являющейся проводником гравитационного излучения. Гравитационный эфир состоит из отдельных элементов, взаимодействующих друг с другом. Взаимодействие происходит путем передачи кванта энергии, или, другими словами, гравитационного импульса от возбужденного элемента гравитационного эфира к не возбужденному элементу. Не возбужденный элемент гравитационного эфира, поглотивший гравитационный импульс, переходит в возбужденное состояние.

Направленный поток гравитационных импульсов образует *гравитационное излучение*, скорость распространения которого $u(r)$ зависит от пройденного им расстояния:

$$u(r) = u - Hr\,, \tag{1}$$

где u – скорость распространения гравитационного излучения в начальный момент испускания в непосредственной близости от гравитационного источника; r – расстояние, пройденное гравитационным излучением от точки испускания; H – постоянная, показывает, на какую величину Δu изменится скорость гравитационного излучения за единицу пройденного им пути Δr:

$$H = \frac{\Delta u}{\Delta r}\,.$$

Найдем предельный радиус гравитационного взаимодействия R_G, считая, что $u(R_G) = 0$:

$$R_G = \frac{u}{H}\,. \tag{2}$$

Элементарным источником гравитационного излучения является *массон* – наименьшая частица вещества, участвующая в гравитационном взаимодействии. *Масса* тела может выражаться целым числом M – количеством массонов из которых состоит данное тело. Массон представляет собой замкнутую область гравитационного эфира, состоящую исключительно из возбужденных элементов. Каждый массон за единицу времени испускает определенное число гравитационных импульсов и, кроме того, поглощает такое же число гравитационных импульсов, испущенных другими массонами. Поглощение массоном одного гравитационного импульса приводит к тому, что этот массон перемещается на расстояние l, со скоростью u, относительно гравитационного эфира, в направлении точки испускания поглощенного гравитационного импульса. Причем, момент поглощения гравитационного импульса массоном и момент начала его перемещения, вследствие данного поглощения, разделяет интервал времени $T \gg l / u$, который в дальнейшем будем называть *квантом времени*. Массон, поглотивший n гравитационных импульсов, совершит n перемещений l, каждое со скоростью u.

Таким образом, величина l является *квантом пространства* – наименьшим расстоянием, на которое способно переместиться материальное тело, участвующее в гравитационном взаимодействии. Квант пространства l – это среднее расстояние между двумя соседними элементами гравитационного эфира. Перемещение массона на расстояние l означает, что в состав массона вошел новый элемент гравитационного эфира и один из элементов, перешедший в не возбужденное состояние, перестал быть частью массона. Наглядное представление массона дают бегущие огни на елочной гирлянде.

Относительно гравитационного эфира, массон может находиться в одном из двух состояний: состоянии покоя, или движения со скоростью u. Чередование состояний покоя и движения со скоростью u воспринимается нами, как движение с некоторой средней скоростью, отличной от u. (В принципе, массон может совершать перемещение l мгновенно, но это не влияет на ход наших дальнейших рассуждений.)

Гравитационные импульсы, испускаемые массоном во всех направлениях, образуют гравитационное поле массона. Гравитационные импульсы, поглощаемые массоном со всех направлений, образуют гравитационное поле вселенной. *Напряженность гравитационного поля* $\boldsymbol{G}$ в заданной точке пространства и в заданном направлении определяется следующей формулой:

$$\boldsymbol{G} = \frac{nl}{T}\boldsymbol{i}\,, \tag{3}$$

где l – квант пространства; T – квант времени; n – число гравитационных импульсов, прошедших за один квант времени T через площадку s, равную по площади проекции массона на плоскость; $\boldsymbol{i}$ – единичный вектор нормали к площадке s, начало и направление которого совпадают, соответственно, с заданной точкой пространства и с заданным направлением.

Гравитационное поле одиночного источника

Пусть один массон в течение кванта времени T испускает m гравитационных импульсов. Тогда тело, состоящее из M массонов, за то же время T будет испускать гравитационные импульсы в количестве mM. Через площадку s, расположенную произвольным образом на расстоянии r от гравитационного источника с массой M, за один квант времени T будут проходить гравитационные импульсы в количестве

$$n = \varepsilon s u(r) T \cos\theta\,, \tag{4}$$

где θ – угол, образованный единичным вектором $\boldsymbol{i}$ с радиусом – вектором $\boldsymbol{r}$, соединяющим заданную точку пространства с источником гравитационного излучения; ε – объемная плотность гравитационной энергии в излучении на расстоянии r от гравитационного источника:

$$\varepsilon = \frac{mM}{\frac{4}{3}\pi r^3 - \frac{4}{3}\pi (r - uT)^3}\,. \tag{5}$$

Из формул (1), (2), (4) и (5) получим

$$n = \frac{mMs(1-\frac{r}{R_G})\cos\theta}{4\pi r^2(1-\frac{uT}{r}+\frac{1}{3}(\frac{uT}{r})^2)}. \tag{6}$$

Подставив выражение (6) в формулу (3), найдем напряженность гравитационного поля на расстоянии r от источника с массой M:

$$\boldsymbol{G} = \frac{mMsl(1-\frac{r}{R_G})\cos\theta}{4\pi r^2 T(1-\frac{uT}{r}+\frac{1}{3}(\frac{uT}{r})^2)}\boldsymbol{i}. \tag{7}$$

Формулу (7) можно упростить для расстояний $uT << r << R_G$:

$$\boldsymbol{G} = \frac{mMsl\cos\theta}{4\pi r^2 T}\boldsymbol{i}. \tag{8}$$

Если площадку s расположить так, чтобы направление единичного вектора $\boldsymbol{i}$, нормали к площадке s, совпало с направлением радиуса – вектора $\boldsymbol{r}$, то формула (8) предстанет в следующем виде:

$$\boldsymbol{G} = \frac{mMsl}{4\pi r^2 T}\boldsymbol{i} \tag{9}$$

Введем гравитационную постоянную

$$\gamma = \frac{msl}{4\pi T}. \tag{10}$$

Формула (9) примет классический вид:

$$\boldsymbol{G} = \gamma\frac{M}{r^2}\boldsymbol{i}. \tag{11}$$

В случае движения площадки s со скоростью v, относительно гравитационного эфира, в произвольном направлении, вследствие эффекта Доплера изменится количество гравитационных импульсов n, пересекающих площадку s за один квант времени. Перепишем формулу (4) с учетом движения площадки s:

$$n = \varepsilon s(u(r) + v\cos\alpha)T\cos\theta .$$

где α – угол, образованный вектором скорости $\boldsymbol{v}$ с радиусом – вектором $\boldsymbol{r}$, соединяющим начало единичного вектора $\boldsymbol{i}$ с источником гравитационного излучения.

Полная формула для определения напряженности гравитационного поля на расстоянии r от источника с массой M, учитывающая абсолютное движение приемника гравитационного излучения, будет выглядеть следующим образом:

$$\boldsymbol{G} = \frac{\gamma M(1 - \dfrac{r}{R_G} + \dfrac{v\cos\alpha}{u})\cos\theta}{r^2(1 - \dfrac{uT}{r} + \dfrac{1}{3}(\dfrac{uT}{r})^2)}\boldsymbol{i} .$$

Гравитационное поле вселенной

Определим напряженность гравитационного поля, созданного совокупной массой вселенной, в заданной точке пространства O и в заданном направлении. Будем считать, что точка O расположена достаточно далеко от одиночных источников гравитационного излучения. Расположим площадку s таким образом, чтобы начало и направление единичного вектора $\boldsymbol{i}$, нормали к площадке s, совпали, соответственно, с заданной точкой пространства O и с заданным направлением. Введем декартову систему координат так, чтобы ее начало совпало с заданной точкой O, а направление оси OZ совпало с заданным направлением. Ось OX зафиксируем в произвольном направлении. Искомую напряженность гравитационного поля создают только те источники гравитационного излучения, координаты которых удовлетворяют условию

$$x^2 + y^2 + z^2 \le R_G^2, z \ge 0 . \qquad (12)$$

Область V, удовлетворяющая условию (12), есть полушарие. Разобьем область V на элементарные объемы V_k, включающие в себя точки O_k. Каждый элементарный объем V_k вносит свой вклад в искомую напряженность гравитационного поля в виде

$$G_k = \frac{\gamma\rho_k V_k}{x^2+y^2+z^2}\left(1-\frac{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}{R_G}\right)\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}.$$

где ρ_k – плотность вещества в элементарном объеме V_k, а x, y, z – координаты точки O_k. Предположим, что вещество во вселенной распределено равномерно по всему объему, тогда, при $V_k \to 0$, получим суммарную напряженность гравитационного поля G_s в заданной точке пространства и в заданном направлении:

$$G_s = \gamma\rho_s \iiint\limits_V \frac{1}{x^2+y^2+z^2}\left(1-\frac{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}{R_G}\right)\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\,dxdydz \qquad (13)$$

где ρ_s – средняя плотность вещества во вселенной. При переходе от декартовых координат x, y, z к сферическим координатам r, θ, φ, связанным с x, y, z соотношениями

$$x = r\sin\theta\cos\varphi,\ y = r\sin\theta\sin\varphi,\ z = r\cos\theta.$$

якобиан преобразования $J = r^2\sin\theta$ и формула (13) примет вид:

$$G_s = \gamma\rho_s \iiint\limits_V \sin\theta\cos\theta\left(1-\frac{r}{R_G}\right)drd\theta d\varphi$$

Сферические координаты изменяются в следующих пределах:

$$0 \le r \le R_G,\ 0 \le \theta \le \frac{\pi}{2},\ 0 \le \varphi < 2\pi.$$

Вычислив интеграл, получим искомую напряженность гравитационного поля, созданного совокупной массой вселенной:

$$\boldsymbol{G}_s = \frac{\pi\gamma\rho_s R_G}{2}\boldsymbol{i}\,. \qquad (14)$$

Напряженность гравитационного поля, созданного совокупной массой вселенной, можно найти другим способом. Из закона сохранения энергии следует, что массон в течение кванта времени *T* должен испускать и поглощать одно и то же количество гравитационных импульсов. То есть, внутри сферы с радиусом *uT*, окружающей заданную точку пространства, находятся *m* гравитационных импульсов, испущенных совокупной массой вселенной, которые будут поглощены массоном в течение кванта времени *T*.

Расположим площадку *s* таким образом, чтобы начало и направление единичного вектора ***i***, нормали к площадке *s*, совпали, соответственно, с заданной точкой пространства и с заданным направлением. Пространство внутри сферы с радиусом *uT*, окружающей заданную точку *O*, разобьем на элементарные объемы V_k, включающие в себя точки O_k. Каждый элементарный объем V_k создает в заданной точке *O* и в заданном направлении напряженность гравитационного поля, равную

$$G_k = \frac{\varepsilon_s V_k l}{T}\cos\theta\,.$$

где θ – угол, образованный единичным вектором ***i*** с отрезком OO_k; ε_s – объемная плотность гравитационной энергии, испущенной совокупной массой вселенной, внутри сферы с радиусом *uT*, окружающей заданную точку пространства *O*:

$$\varepsilon_s = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi(uT)^3}\,.$$

В сферической системе координат, при $V_k \to 0$, модуль вектора искомой напряженности гравитационного поля будет равен

$$G_s = \frac{\varepsilon_s l}{T}\iiint\limits_V r^2\sin\theta\cos\theta\,dr\,d\theta\,d\varphi$$

$$(0 \le r \le uT,\ 0 \le \theta \le \frac{\pi}{2},\ 0 \le \varphi < 2\pi).$$

Вычислив интеграл, получим

$$\boldsymbol{G}_s = \frac{ml}{4T}\boldsymbol{i}. \qquad (15)$$

Аналогичный результат можно получить, рассуждая следующим образом. Массон, расположенный в заданной точке пространства, поглощает в течение одного кванта времени m гравитационных импульсов. Следовательно, через единицу площади его поверхности за один квант времени проходят гравитационные импульсы в количестве

$$n_1 = \frac{m}{4\pi r_m^2}.$$

где r_m – радиус массона. Через площадку s, равную по площади πr_m^2, расположенную в той же точке пространства, за один квант времени будут проходить гравитационные импульсы в количестве

$$n = n_1 \pi r_m^2 = \frac{m}{4}.$$

Подставив значение n в формулу (3), найдем искомую напряженность гравитационного поля

$$\boldsymbol{G}_s = \frac{ml}{4T}\boldsymbol{i}.$$

Приравняем правые части формул (14) и (15):

$$\frac{\pi\gamma\rho_s R_G}{2} = \frac{ml}{4T}. \qquad (16)$$

Подставив значение γ из формулы (10) в уравнение (16), найдем среднюю плотность вещества во вселенной:

$$\rho_s = \frac{2}{sR_G}.$$

С учетом найденной плотности ρ_s, модуль напряженности гравитационного поля, созданного совокупной массой вселенной, будет равен

$$G_s = \frac{\gamma}{r_m^2}.$$

Формулы (14) и (15) справедливы для любой точки пространства, достаточно удаленной от одиночных источников гравитационного излучения, и для любого направления. Поэтому результирующая напряженность гравитационного поля в этих точках пространства равна нулю. Относительно приемника излучения, движущегося со скоростью $\boldsymbol{v}$ в особой системе отсчета, симметрия гравитационного поля, созданного совокупной массой вселенной, будет нарушена. Если направление единичного вектора $\boldsymbol{i}$, нормали к площадке s, совпадает с направлением вектора скорости $\boldsymbol{v}$, то модуль вектора результирующей напряженности гравитационного поля, относительно движущегося приемника, равен

$$G_v = \gamma\rho_s \iiint\limits_V \sin\theta\cos\theta\left(1 - \frac{r}{R_G} + \frac{v\cos\theta}{u}\right) dr\,d\theta\,d\varphi$$

$$(0 \le r \le R_G,\ 0 \le \theta \le \pi,\ 0 \le \varphi < 2\pi).$$

где θ – угол, образованный вектором скорости $\boldsymbol{v}$ с радиусом – вектором $\boldsymbol{r}$, соединяющим приемник и источник гравитационного излучения.

Вычислив интеграл, получим:

$$\boldsymbol{G}_v = \frac{4\pi\gamma\rho_s R_G}{3u}\boldsymbol{v} = \frac{8G_s}{3u}\boldsymbol{v}$$

Движение тела в гравитационном поле

Исходя из предложенной модели, рассмотрим поведение пробного тела в гравитационном поле одиночного источника излучения ($r \ll R_G$). Пусть одиночный источник в месте нахождения пробного тела создает гравитационное поле с напряженностью

$$\boldsymbol{G_0} = \frac{n_0 l}{T} \boldsymbol{i}\,.$$

Единичный вектор $\boldsymbol{i}$ направлен в сторону источника гравитационного излучения. Будем считать, что некая сила удерживает пробное тело в неподвижном положении, относительно гравитационного эфира. В момент времени t_0 удерживающая сила исчезает. С момента времени t_0 до момента времени $t_1 = t_0 + T$ пробное тело остается неподвижным. При этом каждый массон пробного тела, независимо от других массонов, поглощает со стороны одиночного источника на n_0 гравитационных импульсов больше, чем с любой другой стороны. Поэтому, в течение следующего кванта времени T, с момента времени t_1 до момента времени $t_2 = t_1 + T$, пробное тело совершит n_0 перемещений l в направлении одиночного источника гравитационного излучения. Таким образом, если за промежуток времени $t_1 - t_0$ средняя скорость пробного тела была равна нулю

$$\boldsymbol{v_0} = 0\,.$$

то в течение следующего кванта времени $T = t_2 - t_1$ она составила величину

$$\boldsymbol{v_1} = \frac{n_0 l}{T} \boldsymbol{i} = \boldsymbol{G_0}\,.$$

В дальнейшем скорость тела, измеренную в течение одного кванта времени T, будем называть мгновенной скоростью. Вследствие эффекта Доплера результирующая напряженность гравитационного поля, измеренная относительно пробного тела за промежуток времени $t_2 - t_1$, равна

$$\boldsymbol{G_1} = \boldsymbol{G_0}(1 + \frac{v_1}{u}) + \frac{8G_s}{3u} \boldsymbol{v_1}\,.$$

Такой же будет мгновенная скорость пробного тела в течение следующего кванта времени $T = t_3 - t_2$:

$$\boldsymbol{v_2} = \boldsymbol{G_0}(1 + \frac{v_1}{u}) + \frac{8G_s}{3u} \boldsymbol{v_1}\,.$$

Мгновенная скорость тела, измеренная в течение (k+1) – го кванта времени, равна результирующей напряженности гравитационного поля, измеренной, относительно движущегося тела, в течение k – го кванта времени:

$$\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k+1}} = \boldsymbol{G}_{\boldsymbol{0}}(1+\frac{v_k}{u}) + \frac{8G_s}{3u}\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k}}.$$

где $k = 0, 1, 2, 3,...$

Если пробное тело движется в гравитационном поле с напряженностью $\boldsymbol{G}$ в произвольном направлении, его мгновенная скорость $\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k+1}}$ будет равна

$$\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k+1}} = \boldsymbol{G}(1+\frac{v_k \cos\theta}{u}) + \frac{8G_s}{3u}\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k}}.$$

где θ – угол, образованный вектором скорости $\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k}}$ с вектором напряженности гравитационного поля $\boldsymbol{G}$.

Если в момент времени $t_k = t_0 + kT$ прекратит поступать гравитационная энергия от одиночного источника, то, начиная с момента времени $t_{k+1} = t_0 + (k+1)T$, мгновенная скорость пробного тела будет равна

$$\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k+1}} = \frac{8G_s}{3u}\boldsymbol{v}_{\boldsymbol{k}} \tag{17}$$

При условии $8G_s = 3u$ она останется такой же и в дальнейшем, то есть будет иметь место инерция.

Запишем, с учетом инерции, ряд мгновенных скоростей, приобретаемых телом в гравитационном поле с напряженностью G, с первого по k – ый квант времени:

$$v_1 = G,\ v_2 = G(1+\frac{v_1}{u}) + v_1,\ v_3 = G(1+\frac{v_2}{u}) + v_2, ...,\ v_k = G(1+\frac{v_{k-1}}{u}) + v_{k-1}.$$

Подставив значение скорости v_1 в формулу для скорости v_2, затем, полученное выражение для скорости v_2, в формулу для скорости v_3 и так далее, найдем выражение для скорости v_k:

$$v_k = u((1 + \frac{G}{u})^k - 1).$$

Найдем мгновенное ускорение, приобретаемое телом в гравитационном поле с напряженностью G:

$$a_k = \frac{v_{k+1} - v_k}{T} = \frac{G}{T}(1 + \frac{v_k}{u}) = \frac{G}{T}(1 + \frac{G}{u})^k.$$

Путь, пройденный телом в гравитационном поле с напряженностью G с нулевого по k – ый квант времени включительно, будет равен

$$S_k = v_0 T + v_1 T + v_2 T + ... + v_k T = uT(\frac{v_{k+1}}{G} - (k+1)).$$

Заключение

В заключение хотелось бы остановиться на некоторых следствиях, вытекающих из предложенной модели. Допустим, что в какой-либо части Вселенной плотность вещества превысила величину ρ_s. Тогда из формулы (17) следует, что $v_{k+1} > v_k$, так как в этом случае $8G_s / 3u > 1$. То есть, вместо инерции, без видимых внешних причин, тела будут испытывать ускорение и покидать область с повышенной плотностью вещества. И, наоборот, если в какой-либо части вселенной плотность вещества меньше величины ρ_s, то там происходит торможение тел и накапливание вещества до величины ρ_s. Именно по этой причине вещество не собралось вместе под действием сил тяготения, а равномерно распределилось по всему объему вселенной.

Согласно предложенной модели тяготения наша вселенная стационарна и бесконечна. Понятия инертной и тяжелой масс следует упразднить: все тела обладают единой гравитационной массой. По другому должны интерпретироваться некоторые известные явления: «реликтовое» излучение есть ни что иное, как совокупная светимость вещества, заключенного в сфере с радиусом R_E (предельным радиусом электромагнитного взаимодействия). Постоянная Хаббла показывает, на какую величину изменится скорость электромагнитного излучения за единицу пройденного им пути.

Источники информации:

1. Физический энциклопедический словарь. – Москва, «Большая российская энциклопедия», 1995.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – Москва, «Наука», 1990.
3. Гусак А.А., Гусак Г.М., Бричникова Е.А. Справочник по высшей математике. – Минск, «ТетраСистемс», 1999.

Дата публикации:

24 мая 2002 года

Электронная версия:

© «Наука и Техника», www.n-t.org