

Елкин Игорь Владимирович

Elkin Igor Vladimirovich

Инерция.

Inertia.

Аннотация

С помощью ОТО и принципа наименьшего действия получаем формулу взаимодействия двух заряженных частиц. В формулу входит скорость света. Гравитационное поле двух тел меняет метрику, это описывает ОТО. По Эйнштейну скорость света в малой локальной области в гравитационном поле – есть функция расстояния. Поэтому по формуле сила взаимодействия на отталкивание частиц (одинаково заряженных) меньше, чем сила приближения точно таких же частиц (разнозаряженных). Тела состоят из таких частиц и поэтому всегда притягиваются. Из этого выводится инерционность любого тела.

Annotation.

With the help of general relativity and the principle of least action, we get the formula of interaction of two charged particles. The formula includes the speed of light. The gravitational field of two bodies changes the metric, it describes the general relativity. According to Einstein, the speed of light in a small local area in a gravitational field - there is a function of distance. Therefore, according to the formula interaction force on the repulsion of the particles (like charge) is less than the force approached exactly the same particles (charged differently). The bodies are made up of such particles and therefore always attract. From this is derived the inertia of a body.

Введение

Вспомним, как строится в ОТО гравитационное взаимодействие. Рассматривается принцип наименьшего действия. Этот принцип даёт нам путь, по которому движется

материальный объект (тело или световой сигнал или безмассовая частица). Пути двух материальных объектов сближаются, так как это энергетически наиболее удобный путь по принципу наименьшего действия, а сближение называют гравитационным взаимодействием.

Что заставляет двигаться материальный объект, не описывается. Можно предположить, что существует некое всем известное взаимодействие. И оно описывается формулами, полученными по принципу наименьшего действия. Тогда и движение объекта будет по пути, который описывает принцип наименьшего действия. Получается, что ОТО прекрасно расписывает изменение метрики и т.п., но не описывает, что именно заставляет двигаться по принципу наименьшего действия. Но изменение метрики даёт изменение скорости света. А величина скорости света входит в описание самого взаимодействия. Фактически если найти это взаимодействие и показать формулами, что происходит между материальными объектами всегда сближение, то тогда это взаимодействие и есть та движущая сила, которую описывает ОТО. Это взаимодействие и описывается в данной статье. Оно же даёт и инерционность тел.

1 Общие положения

Выберем в качестве общеизвестного взаимодействия – электрическое взаимодействие. Тогда фактически нам надо показать, что два материальных объекта, которые взаимно электронейтральны, тем не менее, как-то взаимодействуют электрически.

Рассмотрим на примере двух тел. Считаем, что наши тела состоят из одинаковых электрических частиц разного знака. Природу частиц мы не выясняем, это могут быть и кварки и более мелкие неизвестные частицы. Считаем для простоты, что они с одним зарядом разных знаков.

Помним, что существует суперпозиция полей, поэтому каждое взаимодействие каждой частицы с какой-то другой частицей надо рассматривать отдельно. Будем рассматривать, не поле заряженной частицы, а просто её взаимодействие с другой частицей. В не классической физике понятия силы заменено производной по времени от импульса. Для краткости назовём это воздействие частицы на частицу силой.

Известно, что производная по времени от импульса и ускорение свободной частицы связаны формулой (в случае действия силы параллельно скорости движения частицы). (см. литература [1])

$$\frac{dp}{dt} = \frac{m}{(1-\frac{v^2}{c^2})^{\frac{3}{2}}} \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

В формулу входит ускорение от электрического взаимодействия и множитель, зависящий от скорости рассматриваемой частицы и скорости света, зависящей от гравитационного изменения метрики, возникающего из-за массы частицы, которое описывает ОТО.

Понятно, что средняя скорость частиц может быть нулевая, квадрат же скоростей может быть значительный. Для нашего примерного рассмотрения, скорость движения заряженных частиц в теле будем считать направленными по прямой, проведённой через частицу с наблюдателем и исследуемую частицу.

В формулу входит скорость света на данном локальном участке. Но если скорость света зависит от расстояния между объектами, то тогда в разных локальных участках будет разная скорость света. На одной частице поместим наблюдателя, движение другой, относительно наблюдателя, рассматриваем. В упомянутую формулу как раз и входит скорость света. При этом в месте, где рассматриваем движение частицы, скорость света на удаление будет в одном локальном участке, а на приближение - в другом, то есть участки различны.

Остаётся понять причины зависимости скорости света от расстояния. Эйнштейн где-то около 100 лет назад дал формулу, описывающую скорость света в гравитационном поле. Чтобы не заставлять смотреть ссылку (см. литература [2]), я примерно опишу сказанное Эйнштейном.

Очень кратко: существует ускоренная система координат K , существует так же не ускоренная система координат Σ с гравитационным полем. В малой локальной области по принципу эквивалентности действие этого поля будет эквивалентно действию ускорения. В этой малой области в начальный момент времени центры координат совпадают. Тогда, скорость света c в системе координат K (с ускорением) можно представить в виде

$$c = c_0 + ax \tag{2}$$

Понятно, что c – некоторая функция расстояния.

, где c_0 и a – некие константы. При этом x может быть и отрицательным и положительным в зависимости от направления ускорения. Естественно система K и система Σ полностью эквивалентны, поэтому все расчёты, сделанные для одной системы в малой области, являются расчётами и для другой системы.

Надо отметить, что расширение Вселенной, тоже связано с изменением метрики. Это изменение метрики так же влияет на изменение скорости света, что и зафиксировано астрономами. Сильные отличия в скоростях света на нашем локальном участке и на очень удалённых локальных участках. Поэтому, там, где изменение метрики от гравитации по ОТО намного значительнее, чем изменение метрики по Хаббловскому расширению,

следует считать по изменению от гравитации. Там, где изменения от расширения намного больше, следует считать по этим изменениям.

2 Примерный расчёт для понимания процесса притяжения двух нейтральных тел

2.1 Зависимость от расстояния

Для простоты рассмотрения (его можно распространить на любое количество частиц в любом из тел) наблюдателя разместим на заряженной частице, а исследуемое тело будет состоять из двух разнозаряженных частиц. Тогда одна сила, действующая на это тело от тела с наблюдателем, будет сила отталкивания f_1 , другая сила притяжения f_2 .

$$f_1 = \frac{m}{\left(1 - \frac{v^2}{c_1^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

$$f_2 = \frac{m}{\left(1 - \frac{v^2}{c_2^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

в результате электрического взаимодействия движущихся частиц и частицы с наблюдателем.

Тогда из формулы (2):

$$dc = adx$$

Бесконечно малого сдвига в природе не существует, поэтому в конечных разностях

$$\Delta c = a\Delta x$$

Тогда при удалении от наблюдателя скорость света будет

$$c_1 = c_0 + \Delta c$$

где c_0 скорость света в точке расположения частицы в момент начала её сдвига в сторону притяжения или отталкивания в данной локальной области.

Скорость света при приближении к частице с наблюдателем будет:

$$c_2 = c_0 - \Delta c$$

Результат разности сил притяжения и отталкивания и формулы (3), (4) не сложно привести с помощью формул Тейлора к виду:

$$\Delta F = m \frac{dv}{dt} \left(\left[1 + \frac{3}{2} \frac{v^2}{c^2} \left(1 - 2 \frac{\Delta c}{c} \right) \right] - \left[1 + \frac{3}{2} \frac{v^2}{c^2} \left(1 + 2 \frac{\Delta c}{c} \right) \right] \right)$$

Так как

$$\Delta F = f_1 - f_2$$

В случае

$$c_0 + \Delta c$$

$$\frac{v^2}{(c+\Delta c)^2} = \frac{v^2}{c^2} \left(1 - 2 \frac{\Delta c}{c}\right)$$

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{(c+\Delta c)^2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \left(1 + \frac{3}{2} \frac{v^2}{c^2} \left(1 - 2 \frac{\Delta c}{c}\right)\right)$$

аналогично для

$$c_0 - \Delta c$$

Что даёт

$$\Delta F = -m \frac{dv}{dt} 2 \frac{3}{2} \frac{v^2}{c^2} 2 \frac{\Delta c}{c}$$

или

$$\Delta F = -m \frac{dv}{dt} 6 \frac{v^2}{c^3} a \Delta x$$

То есть, дополнительной зависимости от расстояния нет (для незначительных по масштабам Вселенной расстояний), из-за разных скоростей света при приближении и удалении от рассматриваемой точки. Есть только квадратичная зависимость, которую даёт множитель ускорения при электрическом взаимодействии заряженных частиц –

$$\frac{dv}{dt}$$

Соответственно, суммируя эту силу по всем частицам рассматриваемых тел, можно получить это взаимодействие для любых объектов. Квадратичную зависимость от расстояния проверили, теперь очередь за проверкой порядка величин.

2.2 Порядок величин

Рассматриваем величину

$$\Delta F = -m \frac{dv}{dt} 6 \frac{v^2}{c^3} a \Delta x$$

Нам известно, что отношение силы электрического взаимодействия двух электронов F_e и силы их гравитационного взаимодействия F_g примерно:

$$N = \frac{F_e}{F_g} = 10^{43}, \text{ понятно, что у нас } F_e = m \frac{dv}{dt}, \text{ поэтому}$$

$$N^{-1} = 6 \frac{v^2}{c^3} a \Delta x, \text{ оценим примерно так:}$$

По литературе возможный минимальный размер (а именно он и нужен) оценивают, как:

$$\Delta x = 10^{-14}$$

$$c^3 = 3 * 10^{25}$$

$v^2 = 10^{16}$ – оценено примерно, взята примерно возможная скорость движения кварков из-за неопределённости по Гейзенбергу, примерно в треть скорости света (для простоты расчёта).

Теперь по поводу a – это величина изменения скорости света, связанная с изменением метрики на расстоянии Δx . Известно, что метрика Вселенной меняется и выражается это в

законе Хаббла. Считается, что вблизи разбегание не заметно из-за сдерживающих сил, но метрика, всё-равно меняется. Сдерживающих сил для света нет, поэтому ничтожное изменение в скорости света должно присутствовать из-за изменения метрики, согласно ОТО.

Возьмём, для простоты, на 1 мега парсек изменение в $\Delta v = 70$ километров в секунду изменение скорости света (из постоянной Хаббла).

Если записать в СИ

$$1 \text{ Mpc} = 3500000 \text{ св.лет} = 3.5 * 10^{22}$$

$$a = \Delta v = 2 * 10^{-21} \text{ м/с}$$

Теперь:

$$N^{-1} = 6 \frac{10^{16}}{3 * 10^{25}} 2 * 10^{-21} 10^{-14} = 4 * 10^{-44}$$

что очень похоже на известную цифру

$$N = \frac{F_e}{F_g} = 10^{43}$$

Конечно, значение $v^2 = 10^{16}$ взято очень примерно, но оно близко к значениям, которые предполагают физики.

То есть общая примерная оценка очень похожа на правду.

3 Инерция.

Здесь взаимодействие тела со всеми частицами Вселенной. Понятно, что разбегание во Вселенной не инерционное, то есть скорость самого разбегания не может быть учтена в формуле (1). Но различные характеристики, которые влияют на исследуемое (на инерционность) тело, могут давать эту скорость. То есть, скорости такой как бы нет, но само тело воспринимает все воздействия так, как будто эта скорость есть. Примером может служить «Красное смещение». Очевидно, что чем больше значение скорости v в формуле (1), тем больше сила. Понятно так же, что сила отлична от нуля только в случае, когда существует ускорение, то есть:

$$\frac{dv}{dt} \neq 0$$

У нас ведь электрическое взаимодействие не ограничено расстоянием. Поэтому для объяснения инерционности можно рассмотреть воздействие Вселенной на исследуемое тело. Описание взаимодействия рассматриваемого тела со всей Вселенной можно разбить на множество следующих мысленных экспериментов. Рассмотрим мысленный эксперимент на примере трёх тел на одной прямой. В середине исследуемое тело, два тела по краям гравитационно притягивают исследуемое тело и гравитационное притяжение одного, уравнивает притяжение другого. Так как пространство Вселенной на значительных расстояниях мы считаем однородным и изотропным, то фактически вся Вселенная для исследуемого тела разбита на такие группы тел. От исследуемого тела взаимодействующие тела удаляются, так как есть расширение

Вселенной. Хотя это удаление и не является следствием инерции тел, а является следствием изменения метрики, но наше исследуемое тело воспринимает это удаление, как скоростное. То есть удаление с некоторой скоростью v . Теперь, если исследуемое тело получает ускорение на удаление от одного тела, то скорость v для формулы (1) увеличивается и притяжение, как мы определили ранее, увеличивается в эту сторону. Противоположная картина будет для второго тела, к которому наше исследуемое тело будет приближаться. Там скорость v уменьшится, и притяжение соответственно тоже уменьшится. Фактически получили, что притяжение усилилось к телу, от которого удаляется исследуемое тело. И уменьшилось притяжение к телу, к которому приближается исследуемое тело. То есть получили торможение в случае ускорения. Это и описывает инерционность. То есть воздействие всех частиц Вселенной с помощью полученной нами силы.

ΔF

на все частицы нашего тела, приводит к появлению инерции, в случае ускорения этого тела.

Заключение

С помощью ОТО и принципа наименьшего действия получена формула, которая характеризует взаимодействие нейтральных тел. Она зависит от расстояния по квадратичному закону. Её порядок соответствует порядку известному по другим источникам. С помощью этой формулы объясняется существование инерционности у тела при движении его с ускорением в виде торможения тела и отсутствии торможения при отсутствии ускорения.

Список литературы

1. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М., Теоретическая физика в 10 т. Т2, «Теория поля», — 8-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 с. 46
2. А. Эйнштейн «Собрание трудов», Т1, Издательство «Наука», Москва 1965 год.
Статья в книге «Скорость света и статическое гравитационное поле» 1912 год., с. 193.

Сведения об авторах:

Елкин Игорь Владимирович инженер-физик, инженер. тел. +7 (862) 3442374 и (812)5339475 e-mail: ielin@yandex.ru