

Elkin Igor Vladimirovich

Инерция из «Общей Теории Относительности».

The inertia of the "General Theory of Relativity."

Аннотация.

ОТО Эйнштейна даёт прекрасные результаты расчётов, которые основаны на принципе наименьшего действия. Но сам принцип не в состоянии заставить двигаться по определённой траектории, это может сделать только взаимодействие, описание которого выводится из этого принципа. Иначе говоря, существует некое известное взаимодействие. Оно, согласно формулам, полученным из принципа наименьшего действия, действует на материальный объект. Поэтому материальный объект и совершает движение, согласно принципу наименьшего действия. Примерно это и сделано для объяснения инерционности тел.

Annotation.

Einstein's general relativity gives excellent results of calculations, which are based on the principle of least action. But the principle is not in a position to make the move in a certain path, it can only make the interaction, the disclosure of which is derived from this principle. In other words, there are some well-known interaction. It is, according to formulas derived from the principle of least action, acts on a material object. Therefore, a material object and makes movement, according to the principle of least action. About this and made to explain the inertia of bodies.

1) Общеизвестные положения.

Будем рассматривать всё с позиций ОТО. Тогда, как мы знаем, можно рассматривать движение частицы, на которую действует некая сила. Как такового понятия «сила» нет в не классической физике, есть понятие производной по времени от импульса. И есть понятие ускорения, которое возникает из-за некоторого взаимодействия, например электрического. Ускорение возникло и можно по формуле получить величину производной по времени от импульса, которую дальше для краткости будем называть

силой. При этом совершенно не обязательно рассматривать электрическое (и любое другое поле).

Теперь вспомним, что любое тело состоит из неких заряженных частиц. Электроны, кварки и т.п. Но возможно существует и ещё более мелкое разбиение зарядов, ведь существуют теории о субкварках и т.п. Природа зарядов нас не интересует, главное, что нейтральное тело состоит из равного числа разнозаряженных частиц. Помним также о суперпозиции полей. То есть на одну заряженную частицу одного тела, действуют все заряженные частицы другого тела.

Для простоты рассмотрения взаимодействия **будем рассматривать процесс, назовём его Λ** - воздействие на одну заряженную частицу одного тела двух разнозаряженных частиц другого тела. То есть рассматриваем v , как скорость этой одной частицы и скорость света мы будем рассматривать для этой частицы.

Вспомним, что будет, если на свободную материальную точку действует сила. В рассматриваемую формулу входит скорость частицы. Понятно, что в нашем случае (случай взаимодействия двух неподвижных тел) средняя скорость частиц в теле равна нулю. Но если рассматривать взаимодействие каждой частицы одного тела с каждой частицей другого тела, то надо учитывать каждую скорость каждой частицы в данном теле, а не среднюю скорость. Или нужна среднеквадратичная скорость. А средняя квадратичная скорость вовсе не ноль и может быть значительной.

В формулу, как раз и входит квадрат этой скорости. Эта формула в случае действия силы параллельно скорости (см. литература [1]):

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

2) Разбираемся со скоростью света в формуле.

В формулу входит некая константа «С». Известно, что при выводе формулы (1) использовали принцип наименьшего действия и в него входит абстрактная константа, которая представляет собой, наибольшую скорость передачи информации. На сегодня это скорость света. Константа и называется «скорость света». Но так как мы рассматриваем гравитационное взаимодействие по ОТО, то между телами существует гравитационное взаимодействие, расчёты этого взаимодействия замечательно описывает ОТО. И все изменения метрики описывает ОТО. Но при этом считается, что тела выбирают при движении наименьшее расстояния своего пути и поэтому сближаются. Что не совсем точно. Цитата из источника [1] стр 330: «Таким

образом, в гравитационном поле частица движется так, что ее мировая точка перемещается по экстремальной, или, как говорят, по *геодезической* линии в 4-пространстве» и на этом обосновании идут дальнейшие расчёты.

Тела не могут выбирать путь самостоятельно, а по принципу наименьшего действия возникает взаимодействие, которое толкает тела по этому наименьшему расстоянию. Это и описывает ОТО. Ошибки, конечно, нет, но при этом почему-то забывают про само взаимодействие.

Как я писал раньше, формула (1) получена из принципа наименьшего действия, значит, она вполне подходит на роль формулы, описывающей возможное взаимодействие между телами, которое и приводит к движению по наименьшему пути. Кроме того мы определили, что v не нулевая скорость. Кроме того определили, что собой представляет значение «С». Чтобы не заставлять смотреть ссылку (см. литература [2]), я примерно опишу сказанное Эйнштейном там:

Тем самым мы нашли уравнения связи для достаточно малых значений t . С точностью до третьей и более высоких степеней t справедливы следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= x + \frac{ac}{2}t^2, \\ \eta &= y, \\ \zeta &= z, \\ \tau &= ct, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

причем скорость света c в системе K , которая может зависеть только от x , но не от t , определяется с помощью только что полученного соотношения

$$c = c_0 + ax. \quad (5)$$

Выбор постоянной c_0 зависит от скорости хода часов, которыми мы измеряем время в начале координат системы K . Значение постоянной a определяется следующим образом. Первое и четвертое из соотношений (4) приводят с учетом (5) к уравнению движения начала координат ($x = 0$) системы K

$$\xi = \frac{a}{2c_0} \tau^2.$$

Таким образом, a/c_0 есть не что иное, как ускорение начала координат системы K по отношению к Σ , измеренное с помощью тех же единиц времени, в которых скорость света равна единице.

§ 2. Дифференциальное уравнение статического гравитационного поля. Уравнение движения материальной точки в статическом гравитационном поле

Из предыдущей работы следует, что в случае статического гравитационного поля существует соотношение между c и гравитационным потенциалом, или, другими словами, поле определяется величиной c . Из соотношения (5) и принципа эквивалентности следует, что в этом гравитационном поле, которое соответствует рассмотренному в § 1 полю ускорения, выполняется уравнение

$$\Delta c = \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} = 0; \quad (5a)$$

рис. 1 (из литературы [2])

Очень кратко: существует ускоренная система координат K , существует так же не ускоренная система координат Σ с гравитационным полем. В малой 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

$$c = c_0 + ax \quad (2)$$

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. Разбегание материальных точек (в том числе и галактик) Вселенной есть некое ускоренное разбегание.

При этом не важно, что есть на малых расстояниях силы связи, которые не дают всем материальным точкам удаляться друг от друга. Мы как раз и рассматриваем возникновение этой силы связи в виде гравитационного притяжения, возникающей в результате разбегания материальных точек. Более сильные взаимодействия сейчас не рассматриваем в качестве сил связи, так как влияние гравитационного притяжения тогда можно не учитывать. Поэтому формула (2) локально подходит для любой материальной точки, удаляющейся относительно другой материальной точки в результате изменения метрики и разбегания Вселенной.

2) Каким образом возникает взаимодействие нейтральных тел (или одного нейтрального, а другого заряженного).

Теперь продолжим рассматривать «процесс A ». Тело, относительно которого рассматриваем, состоит из двух разнозаряженных частиц, тело, поведение которого исследуем – одна заряженная частица.

В формулу (1) входит константа предельной скорости с названием «скорость света», за которую мы для каждого направления рассматриваем соответствующую ему скорость света. При этом эти скорости будут разные для разных направлений. Так как нет бесконечно малого сдвига по длине (здесь уже влияние квантовой механики), поэтому при удалении на конечную величину будет и конечное или увеличение, или уменьшение скорости света, согласно формуле (2).

Для скорости света при удалении (в малой локальной области около рассматриваемой частицы) возьмём обозначения c_1 – скорость света и f_1 – сила.

Для скорости света при приближении - c_2 (в малой локальной области около рассматриваемой частицы) и f_2 – сила.

Понятно, что чем больше c_i , тем меньше сила f_i .

Понятно, что с одним зарядом частицы притягиваются, с противоположным зарядом отталкиваются, от каждой частицы другого тела. По принципу суперпозиции все взаимодействия независимы. Получается на

отталкивание одна «сила» f_1 , на притяжение другая f_2 . И так абсолютно для всех зарядов, в каком бы они там виде не были. Сумма «сил» даёт притяжение, так как скорость света при приближении всегда будет меньше скорости света при удалении.

$$\Delta F = f_2 - f_1 \quad (3)$$

Эта сила и заставляет двигаться частицы по пути, которое рассчитывает ОТО, согласно принципа наименьшего действия. Эту силу мы получили, чтобы можно было описать возникновение инерции.

3) Зависимость от расстояния квадратичная.

Интересно посмотреть зависимость этого притяжения по формуле (1) от расстояния. Должна получиться квадратичная зависимость. Проверим. У нас есть формулы, которые дают «силы», действующие на частицу

$$f_1 = \frac{m}{\left(1 - \frac{v^2}{c_1^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

$$f_2 = \frac{m}{\left(1 - \frac{v^2}{c_2^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

в результате электрического взаимодействия движущихся частиц.

Тогда из формулы (2)

$$dc = a dx$$

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

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

Тогда для удаления скорость света будет

$$c_1 = c + \Delta c,$$

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

Скорость для приближения будет:

$$c_2 = c - \Delta c$$

Результат формул (3), (4), (5) и формулу (2) не сложно привести с помощью формул Тейлора к виду:

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

Что даёт

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

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 - $\frac{dv}{dt}$

Нас в данной статье, правда, больше интересует инерция, но можно сделать замечание и по гравитационной массе. Легко понять физический смысл гравитационной массы. Это число всех возможных зарядов в составных частях тел. Вполне возможно, неких ещё не открытых элементарных зарядов. При этом сами тела, вообще могут не проявлять ни каких признаков наличия заряженных частиц. Тем более, что строение частиц до конца не изучено. Например, для безмассовых частиц, там может быть какая-то связь с электрическим полем.

4) Теперь по поводу ИНЕРЦИИ.

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:

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

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. Что и описывает инерционность.

Литература

- 1) Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, «Теория поля», Москва главная редакция физико-математической литературы, 1967г., печ. л. 28,75.
- 2) Альберт Эйнштейн «Собрание трудов», том 1, Издательство «Наука», Москва 1965 год.
Статья «Скорость света и статическое гравитационное поле» 1912 год.

5 сентября 2016 года

Игорь Елкин

ielkin@yandex.ru