Сила как функция пространства-времени.

«Верная мысль, если ее слишком часто повторять, - теряет силу.»

Андре Моруа

Все в этом мире надоедает. То что вчера казалось свежим и новым сегодня уже поблекло. И в природе нет никаких сил чтобы противостоять этому. Но это вовсе не означает что день вчерашний не сулит нам ничего нового , если сегодня мы прилагаем к тому усилия. Возвращение к истокам зачастую бывает намного плодотворнее чем бездумная погоня за новыми приключениями , и наука тому не исключение .Само же такое возвращение зачастую и есть приключение , и если вы не возражаете мы его сейчас совершим.

Мы начнем свою путь с обзора математических формулировок силы в классической механике , то бишь вернемся к истокам теоретической физики. Сразу отметим что формулы классической механики есть математическое обобщение бесчисленных экспериментов . В пику современной физике в классике не допускались даже мысленные эксперименты , а уж фантазии без воображаемых моделей вообще считались антинаучными. Поэтому классическим выводам можно доверять полностью , но разве что с небольшой долей сомнения.

Одна из формулировок силы в классической механике следующая . Траектории классических тел описываются принципом наименьшего действия . Само действие есть функция координат - r и времени - t ,причем координаты являются функциями времени , то есть - $r(t)$. Символически действие записывается как функция $s(r(t),t)$.Помимо этого компоненты действия умножаются на постоянные значения m - массы. Импульс P , в таком представлении , есть частная производная от действия по координате , то бишь

$$P=\frac{\partial s}{\partial r};(1)$$

Из постулатов Ньютона следует что сила F - есть частная производная от импульса по времени , то бишь

$$F=\frac{\partial P}{\partial t};(2)$$

Или , с учетом (1)

$$F = \frac{\partial^2 s}{\partial r \partial t};(3)$$

Это выражение уже наводит на невеселые думы в современном мире , но во времена Ньютона на это никто не обратил внимания , ибо в те времена отсутствовало понятие поля , как посредника силы , и рассматривались только контактные силы . Потомки Ньютона о нем забыли , как пустой вчерашний день . Но сейчас, вооружившись понятиями поля , нам кажется впору к нему возвратиться .

Основания для такого отката в прошлое следующие . Современная наука никак не может скрестить известные ей фундаментальные силы , с не менее известной гравитацией . Эйнштейн указал что гравитацию можно рассматривать как некое изменение пространства-времени между гравитирующими телами , дав этому феномену , на наш взгляд , крайне неудачное название – искривление пространства-времени . Ибо многие , и не только в яслях, понимают это словосочетание буквально , что только портит им зрение от вылезающих из орбит глаз . С другой стороны сам механизм того каким образом тензор энергии- импульса , или в простейшем случае масса , изменяют свойства пространства-времени у Эйнштейна остается невыясненным. Выяснение этих причин , увы , привели к неразрешимым трудностям .

Более менее хорошо физические причины возникновение сил освещены в квантовой теории поля, но проблема в том что эти теории работоспособны только в случае неискривленного , плоского пространства-времени . Подчеркнем , именно пространства-времени , а не одного пространства. Как только идеи квантовой теории поля применяют к гравитации возникает противоречие . Для гравитации нужно хотя бы небольшое искривление пространства- времени , но тогда квантовые подходы перестают работать!? Если же пойти в отказ и разглаживать пространство-время , то в теории исчезает гравитация !?

Вообще говоря разрешение противоречий и есть творчество и созидание , так что мы нащупали хороший повод в них побаловаться. Прежде всего выясним в каких наиболее общих уравнениях физики присутствует частная производная вида - $\frac{\partial^2}{\partial r \partial t}$. Оказывается что это уравнение ПО (принципа относительности). . Идея его вывода базируется на принципе относительности , гласящем что все физические явления одинаковы в системах не имеющих ускорения как целое , то бишь ускорение таких систем равно нулю. Но само ускорение есть вторая полная производная от функции $S\left(r(t),t\right)$ времени t и координат - $r(t)$.

$$\frac{d^2S\left[r(t),t\right]}{dt^2}=\frac{\partial^2 S}{\partial r^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2+2\frac{\partial^2 S}{\partial r\partial t}\left(\frac{dr}{dt}\right)+\frac{\partial^2 S}{\partial t^2}=0\text{ ;(4)}$$

,но $dr/dt=v$ есть скорость . Из нелинейности (4) по скорости следует существование ее предела в природе. Опыт показывает что этим пределом есть скорость света в пустоте . Подставляя этот предел скорости в уравнение ПО перепишем его в виде

$$\frac{d^2S}{dt^2}=\frac{\partial^2 S}{\partial r^2}c^2+2\frac{\partial^2 S}{\partial r\partial t}c+\frac{\partial^2 S}{\partial t^2}=0\text{ ;(5)}$$

, здесь c скорость света ,предел скорости в природе, следующий из нелинейности (4) по скорости Теперь вспомним уравнение Шредингера

$$\frac{2m}{\hbar^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2}+U\psi+i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}=0\text{ ;(6)}$$

, здесь $m,\hbar$ -масса и постоянная Планка , а U потенциальная энергия , она же силовое поле потенциальных фундаментальных сил.

Сравнение (4) и (6) показывает что средний член уравнения ПО можно отождествить с силовым членом - $U\psi$ уравнения Шредингера .

Решением уравнения ПО в частности является произведение функций , волновой

$$S_1=\cos\left(r-ct\right)+\sin\left(r-ct\right)\text{;(7)}$$

, и корпускулярной

$$S_2=\left(r-ct\right)^2=\left(x-ct\right)^2+\left(y-ct\right)^2+\left(z-ct\right)^2=R^2=const\text{ ;(8)}$$

,имеющей смысл движущейся со скоростью света сферы радиуса R . Произведение этих функций может быть написано как

$$S=S_1S_2=R^2\cos\left(r-ct+\varphi\right)\text{;(9)}$$

, мы вновь приходим к аналогии с уравнением Шредингера , согласно которому смыслом корпускулы обладает квадрат амплитуды волновой функции , полученный здесь автоматически .

Вообще говоря для полного физического описания одной такой функции (9) недостаточно , но первый член уравнения Шредингера подсказывает что она может быть умножена на постоянный множитель m - массу .

$$S=m^2S_1S_2=m^2R^2\cos\left(r-ct+\varphi\right)\text{;(10)}$$

Мы написали квадрат массы так как каждое решение (7),(8) может быть умножено на нее .

Мы получим еще более ясное представление о решении (10) если умножим его на еще одну константу , c -скорость света, существование которой следует из самого уравнения ПО . Опять таки ,как и в случае с массой, нужно умножать на квадрат этой величины. Так что окончательно можно написать

$$S = m^2c^2S_1S_2 = m^2c^2R^2\cos\left(r - ct + \varphi\right);(11)$$

Размерность этого выражения есть … квадрат классического действия - s ,так что

$$S = m^2c^2S_1S_2 = m^2c^2R^2\cos\left(r - ct + \varphi\right) = s^2;(12)$$

Но в природе известна наименьшая величина действия - $\hbar$.Следовательно разделив выражение (12) на постоянную Планка - $\hbar$, мы получим классическое действие !?

$$s = \frac{S}{\hbar} = m^2c^2S_1S_2/\hbar = \frac{m^2c^2R^2}{\hbar}\cos\left(r - ct + \varphi\right);(13)$$

Это решение нельзя признать удачным , вероятно лучше писать

$$S = m^2c^2S_1S_2 = m^2c^2R^2\cos\left(r - ct + \varphi\right) = \hbar s;(14)$$

, а явную зависимость от $\hbar$ перенести в безразмерный фазовый множитель ,

$$S = m^2c^2S_1S_2 = m^2c^2R^2\cos\left(kr - \omega t + \varphi\right) = \hbar s;(15)$$

,здесь k, ω -волновой вектор и циклическая частота , выражаемые , согласно уравнениям Эйнштейна-де-Бройля , через энергию E и импульс P как

$$\begin{aligned} k &= P/\hbar \\ \omega &= E/\hbar \end{aligned};(16)$$

То есть записать решение уравнения ПО в виде

$$S = m^2c^2R^2\cos\left(\frac{\vec{\mathrm{P}}}{\hbar}r - \frac{E}{\hbar}t\right) = \hbar s;(17)$$

, мы здесь опустили значение начальной фазы из-за ее несущественности.

В принципе значение силы можно уже сейчас получить умножив (17) на оператор $\frac{\partial^2}{\partial r\partial t}$, то есть из выражения

$$F = \frac{\partial^2 S}{\partial r\partial t};(18)$$

, но это в точности половина среднего члена уравнения ПО !?Однако значения $E, \vec{\mathrm{P}}$ у нас не определены .

Исключая максимум неизвестных заменим значение энергии на ее релятивистское значение

$$E = c\sqrt{P^2 + m^2c^2} \text{ ;(19)}$$

Тогда решение уравнения ПО можно написать в виде

$$S = m^2c^2R^2 \cos\left(\frac{\vec{\mathrm{P}}}{\hbar} r - \frac{c\sqrt{P^2 + m^2c^2}}{\hbar} t\right) = \hbar s \text{ ;(20)}$$

, но к сожалению после такой замены оно уже не будет решением уравнения ПО!? Однако релятивистское решение уравнения ПО можно получить, если предположить что значение импульса допустимо писать в виде

$$\vec{\mathrm{P}} = \sqrt{P^2 + m^2c^2} \text{ ;(21)}$$

Тем более что такая запись не противоречит соотношению между энергией и импульсом для безмассовых частиц

$$E = c\sqrt{P^2 + m^2c^2} = c\vec{\mathrm{P}} \text{ ;(22)}$$

Окончательно наше решение уравнения ПО теперь можно написать в виде

$$S = m^2c^2R^2 \cos\left(\frac{\sqrt{P^2 + m^2c^2}}{\hbar} r - \frac{c\sqrt{P^2 + m^2c^2}}{\hbar} t\right) = \hbar s \text{ ;(23)}$$

Вот теперь это решение можно подставить в средний член уравнения ПО

$$Ff = 2\frac{\partial^2 S}{\partial r \partial t} \text{ ;(24)}$$

, здесь F обычная сила , а f некая элементарная сила , ведь S у нас фактически произведение обычного действия s , на элементарное действие $\hbar$.Чтобы избавиться от значения f разделим выражение (23) на $\hbar$

$$S = \frac{m^2c^2R^2}{\hbar} \cos\left(\frac{\sqrt{P^2 + m^2c^2}}{\hbar} r - \frac{c\sqrt{P^2 + m^2c^2}}{\hbar} t\right) = s \text{ ;(25)}$$

,теперь мы получим только одну силу

$$F = 2\frac{\partial^2 S}{\partial r \partial t} = 2\frac{\partial^2 s}{\partial r \partial t} \text{ ;(26)}$$

,которую нам остается только вычислить . Сделав подстановку получим алгебраическое уравнение

$$F = 2\frac{m^2c^4R^2P^2}{\hbar^3} + 2\frac{m^4c^6R^2}{\hbar^3} \text{ ;(27)}$$

, последний член есть постоянная и может быть перенесен влево, тогда получим

$$-2\frac{m^2c^4R^2P^2}{\hbar^3}=2\frac{m^4c^6R^2}{\hbar^3}+F\ ;(28)$$

Согласно уравнению де-Бройля

$$\frac{P^2}{\hbar^2}=\frac{4\pi^2}{\lambda^2}\ ;29)$$

Подставляя это значение получим

$$-8\pi^2\frac{m^2c^4R^2}{\hbar\lambda^2}=2\frac{m^4c^6R^2}{\hbar^3}+F\ ;(30)$$

, слева у нас сила прямо пропорциональная квадрату массы и обратно пропорциональная квадрату расстояния - λ , ведь длина волны - λ физически есть расстояние .Такая сила весьма похожа на классическую гравитацию . Проблема в том что справа закономерности обратных квадратов расстояния нет. Вообще говоря квадрат расстояния мы можем получить слева , вспоминая что $c=\frac{dr}{dt}$. Разложив c^2 на это отношение получим

$$-8\pi^2\frac{m^2c^2R^2}{\hbar\lambda^2}\frac{(dr)^2}{(dt)^2}=2\frac{m^4c^6R^2}{\hbar^3}+F\ ;(31)$$

Теперь разделив выражение на $\frac{c^2R^2}{\hbar}(dr)^2$

$$-8\pi^2\frac{m^2}{\lambda^2}\frac{1}{(dt)^2}=2\frac{m^4c^4}{\hbar^2(dr)^2}+F_1\ ;(32)$$

, получим закон обратных квадратов в обеих частях уравнения . Осталось привести правую часть к виду силы . Замечая что выражение

$$\frac{\hbar c}{(dr)^2}=f\ \ ;(33)$$

, имеет смысл элементарной силы , пишем

$$-8\pi^2\frac{m^2}{\lambda^2}\frac{1}{(dt)^2}=2\frac{m^4c^3}{\hbar^3}\frac{\hbar c}{(dr)^2}+F_1\ ;(34)$$

Разделив все выражение на постоянную $\frac{m^4c^3}{\hbar^3}$, получим для силы значение

$$-\frac{m^2}{\lambda^2}\left(8\pi^2\frac{\hbar^3}{m^4c^3(dt)^2}\right)=2\frac{\hbar c}{(dr)^2}+F_2\ ;(35)$$

Нам осталось подобрать только значение массы . Нам известно что величина массы $274m_e$ (здесь m_e -масса электрона), равная массе π мезона ,имеет фундаментальное значение, ведь мезон самая легкая частица участвующая во всех фундаментальных взаимодействиях. Поэтому подставим эту массу , и получим для силы выражение

$$-\frac{m_e^2}{\lambda^2}\left(8\pi^2\frac{\hbar^3}{274^2 m_e^4 c^3 \left(dt\right)^2}\right) = 2\frac{\hbar c}{\left(dr\right)^2} + F_2\,;(36)$$

Выражение в скобках равно значению гравитационной постоянной - G

$$G = 8\pi^2\frac{\hbar^3}{274^2 m^4 c^3 \left(dt\right)^2}\,;(37)$$

Следовательно мы получили силу гравитации между двумя электронами , на расстоянии длины волны де-Бройля между ними.

$$-\frac{m_e^2}{\lambda^2}\left(8\pi^2\frac{\hbar^3}{274^2 m_e^4 c^3 \left(dt\right)^2}\right) = -G\frac{m_e^2}{\lambda^2}\,;(38)$$

Вспоминая известное соотношение

$$\frac{\hbar c}{e^2} = 137\,;(39)$$

, здесь e - элементарный электрический заряд.

Формулу для силы гравитации можно теперь переписать в виде

$$-\frac{m_e^2}{\lambda^2}\left(2\pi^2\frac{\hbar e^4}{m_e^4 c^5 \left(dt\right)^2}\right) = -\frac{1}{\lambda^2}\left(2\pi^2\frac{\hbar e^4}{m_e^2 c^5 \left(dt\right)^2}\right) = F_3\,;(40)$$

Ее нельзя признать за формулу для гравитации , так как исчезает зависимость от квадрата массы . Зато разделив это выражение на $-2\pi^2\frac{\hbar}{m_e^2 c^5 \left(dt\right)^2}$, мы получаем

$$\frac{e^4}{\lambda^2} = E^2\,;(41)$$

, квадрат для кулоновской энергии элементарных зарядов , на расстоянии длины волны де-Бройля их носителей !? Энергия же есть просто квадратный корень из (41)

$$E = \pm\frac{e^2}{\lambda}\,;(42)$$

, откуда следует что элементарный заряд должен иметь два знака , в полном согласии с опытом .

Таким образом мы показали здесь что средний член уравнения ПО может иметь смысл силового ,или полевого, члена . Физическое осмысление этого факты далеко не тривиально. Ясно только одно . Неконтактная сила , то есть сила действующая на расстоянии , появляется как результат одновременного изменения пространства-времени на бесконечно малые величины , как во времени , так и по пространству между взаимодействующими вещественными телами , то есть телами обладающих массой . И эта зависимость отражена в операторе $\frac{\partial^2}{\partial r \partial t}$. Мы не знаем физический механизм этого процесса , однако уже можем сказать в каком направлении его следует искать . Мы можем понимать такие силы как изменение состояния пространства-времени, Эйнштейн назвал бы это искривлением пространства-времени , а это в свою очередь лишает гравитацию на эту монополию. Пока нам удалось показать что как гравитация ,так и кулоновское взаимодействие есть результат изменения состояния пространства-времени между взаимодействующими физическими телами. Если этот механизм сохраняется и для ядерных сил , на что мы смеем надеяться , ибо в выражение для гравитационной постоянной входит и масса переносчика ядерных сил - π мезона , то все фундаментальные силы можно будет рассматривать с единой позиции , а это в перспективе сулит их объединение в одной непротиворечивой теории, ведь в этом случае все фундаментальные силы будут следствием «искривления» пространства-времени , хотя от такого термина нас кривит не меньше.

Такой подход к объединению фундаментальных сил нам представляется перспективным по причине того , что в этом случае нам не нужно вводить дополнительные измерения пространства-времени , как в теории струн , и нам не нужно строить математические модели , которые наглядно невозможно ни показать , ни даже вообразить, как в современной квантовой теории силового поля.

Сметанников А.И. 20.10.2018