

Физический смысл формулы $E=mc^2$.

Владислав Миркин, ктн.

Одной из самых известных формул в физике является формула $E=mc^2$ (1). Независимо от того, написал ли ее А.Эйнштейн, или это сделали до него Дж.Дж.Томсон, или О.Хевисайд, она написана в те времена, когда даже намек на ее экспериментальные истоки быть не могло. Она была написана на основании формально-математических представлений. Испытывая восторг по поводу того, что эти, да и все остальные физики, умеют использовать формально-математический подход в ситуации, когда физическая сущность происходящего им неизвестна, не могу не понимать, что-то должно существовать в физике, что приводит именно к такому соотношению массы и энергии. Тем более, в ситуации, когда мы точно знаем, что кинетическая энергия равна половине произведения массы на квадрат скорости. Да и причем вообще скорость света, если частицы движутся совсем с другими скоростями?

Давайте попробуем понять, что записано данной формулой. В школе мы узнали, что полная энергия тела равна сумме потенциальной $E_{\text{пот}}$ и кинетической $E_{\text{кин}}$ энергий. Поскольку разговор идет об энергии покоя, то выражение (1) описывает энергию потенциальную, хотя в ней и присутствует скорость. Иногда говорят, что это внутренняя энергия тела. Такой подход загоняет нас в психологическую ловушку: мы начинаем верить, что тело, которое находится в абсолютно «пустом» пространстве (то есть, пространстве, никак не взаимодействующем с телом) само по себе обладает некой энергией, и она равна тому, что записано в (1). Но мы же знаем, что пространство не пусто, оно взаимодействует с телами (вспомним хотя бы ОТО – при этом неважно, верна теория, или нет, важно то, что все признают такое

взаимодействие), а потому мы не можем быть уверены, что имеем дело только с «внутренней» энергией. Если в качестве аналога вы возьмете внутреннее давление крови в теле, то вы прекрасно знаете, что произойдет с телом, если его помещать глубоко под воду, или в безвоздушное пространство: внутреннее давление очень хорошо связано с внешними характеристиками системы.

Давайте теперь рассмотрим пример потенциальной энергии в гравитационном поле Земли $E_{\text{пот}}=mgh$ (2). По крайней мере два последних обозначения относятся к свойствам пространства, в котором находится тело (я даже пока не говорю, как я уже сделал это в работе «Бозоны Хиггса и кости динозавров», опубликованной на сайте SkyTecLibrary, что и масса определяется свойствами пространства). Мы можем представить, что ускорение свободного падения – это некая средняя скорость (кстати, характерная для данного пространства), деленная на время. Если на это время мы разделим высоту, то тоже получим некую среднюю скорость (опять-таки характерную для данного пространства). Возможно, она будет отличаться от первой средней скорости, но, скорее всего, обе скорости будут одинаковыми, и мы вполне можем записать $E_{\text{пот}}=mv_{\text{ср}}^2$ (3). И вот здесь, учитывая психологию физиков, можно предположить, что в качестве средней скорости они использовали в выражении (1) именно скорость света, поскольку никакой другой характерной для пространства скорости вообще не существует. И энергия получается отнюдь не внутренняя, поскольку (повторю) внутри тел не существует частиц, движущихся со скоростью света. Причем здесь скорость света?

А что, если попробовать получить величину энергии в некой понятной нам системе, похожую на ту, которая записана в данной

формуле, то есть, попробовать получить выражение $E=mv^2$ (4), например, в воде.

Итак, мы имеем два корабля, которые движутся недалеко друг от друга параллельными курсами. Я понимаю, что все знают, что в законе Бернулли увеличение динамического давления должно сопровождаться уменьшением давления статического. Но я постоянно сталкиваюсь с тем, что вовсе не все понимают, что при этом между двумя кораблями уровень воды будет ниже, чем в остальной акватории. Но, если даже юнги знают, что это так, а корабли притрутся бортами, если их специально не удерживать от этого, то это обязаны знать и все физики вне зависимости от того, как давно они учились в школе. То есть, на поверхности воды образуется яма, которая движется вместе с кораблями.

Естественно, инерционные свойства двух кораблей (при разгоне и замедлении, а также при повороте) будут характеризоваться не только их суммарной массой, но и массой воды, которая вытеснена из данной ямы. Масса воды легко может быть посчитана, поскольку нам известен объем ямы и ускорение свободного падения. Потенциальная энергия отсутствия воды в яме будет определяться величиной $E_{\text{пот}}=mgh$ (2), где h – половина глубины ямы.

Но вот корабли разошлись, или остановились (они могут также притереться бортами, но этот случай в принципе ничего не меняет, поскольку та же масса воды заполнит пространство на между кораблями, а со стороны акватории). Яма исчезла за счет того, что наполнилась водой из остальной акватории. Ясно, что при этом выделится кинетическая энергия движущейся воды, которая, кстати,

будет равна той самой энергии потенциальной. Давайте попробуем посчитать эту энергию.

В известном нам классическом случае $E_{\text{кин}}=(m/2)\cdot v^2$ (5). В случае с водой v – это собственная скорость распространения волны в воде (в любой среде есть своя собственная скорость распространения волны). Поскольку яма заполняется с двух сторон, то скорость распространения волны (скорость заполнения ямы) будет в два раза больше v . То есть, некая масса m затекла в яму со скоростью $2v$. Энергия такого движения будет равна $E_{\text{кин}}=(m/2)\cdot 4v^2$ (6). Однако так было бы, если бы вода внутрь ямы двигалась бы ступенькой с вертикальным передним фронтом. Но ни вода, ни любая жидкость, ни вообще какая-либо среда так не движется. Всегда возникает некий фронт волны, который сильно отличается от вертикальной плоскости. Конечно, на воде это увидеть сложно: слишком быстро она течет (может, несколько метров, или десятков метров в секунду), но можно взять любую вязкую жидкость, и тогда мы увидим такой передний фронт.

Можно предположить, что передний фронт волны будет иметь форму синусоиды в первой ее четверти, либо форму четверти окружности и посчитать, во сколько раз уменьшится скорость заполнения ямы водой. Это просто сделать, сравнивая площади, ограниченные окружностью, или синусоидой, с площадью прямоугольника (который был бы реализован, если волна двигалась бы с вертикальным передним фронтом). Синусоидальный передний фронт замедлил бы заполнение ямы в 1,57 раза (площадь, ограниченная четвертью периода синусоиды, равна единице, а прямоугольник имеет площадь, равную $1,57 \times 1$), фронт в виде окружности замедлил бы заполнение в 1,27 раза ($4/\pi$). Форма фронта волны может зависеть от множества причин, и мы вполне

можем допустить, что форма такова, что скорость заполнения может уменьшиться в 1,41 раза, что равно $\sqrt{2}$. То есть, средняя скорость заполнения ямы $v_{\text{ср}}=v/\sqrt{2}$. Если теперь выражение для средней скорости подставить в формулу для кинетической энергии, то мы получим выражение $E=mv_{\text{ср}}^2$ (7), которое совпадает с (2). Что нам и требовалось. То есть, существует такая форма переднего фронта движущейся волны среды, которая позволяет реализовать формулу (2). И, значит, мы можем ожидать, что та среда, которая заполняет пространство (то есть, эфир), при ликвидации «ямы» в нем, возникшей за счет того, что эфир движется между двумя и более частицами, заполняет яму эфиром, собранным из всего его пространства, со средней скоростью 426 тыс. км/с (удвоенная скорость).

То, что впоследствии эксперименты показали хорошее совпадение величины энергии связи с замерами массы при разлетании частиц, говорит о том, что мы имеем дело именно с такой формой переднего фронта волны эфира, стремящегося заполнить «яму» в эфире.

Однако, когда мы видим, как некая жидкость затекает в какое-либо пространство, то возникает мысль, что скорость заполнения объема не может быть величиной стабильной: она зависит от множества причин (от вязкости, которая в свою очередь зависит от температуры, от трения между жидкостью и дном и так далее). Неужели для эфира здесь все будет так стабильно (а так говорят все эксперименты), что скорость затекания эфира в «яму» всегда будет одинаковой? А почему в эфире все может быть нестабильным? Скорость света – величина достаточно стабильная. Значит, и плотность эфира тоже. То есть, эти характеристики эфира не будут сильно влиять на соотношение (1).

Другое дело, интенсивность колебаний частиц эфира в пространстве. Как я уже говорил в названной выше статье, масса (которую я связываю со скоростью движения частиц эфира между частицами вещества) напрямую зависит и от температуры «разогретого» эфира (интенсивности его колебаний), и от скорости тела (конечно, если эта скорость сопоставима со скоростью движения частиц эфира). И здесь мы можем получить очень большие изменения массы тел. Другое дело, что интенсивность колебаний частиц эфира (а именно она по закону Бернулли определяет глубину и объем «ямы», которые мы сопоставили с массой), если и зависит от чего-либо, то эта зависимость может проявиться только за столетия наблюдений (то есть, когда мы переместимся из зоны с одной интенсивности реликтового излучения в другую). Но и там выражение (1) сохранит свой вид, просто величина скорости чуть изменится. Так что для всех текущих экспериментов скорость заполнения «ямы» долго еще будет величиной стабильной.

Таким образом эфирный подход позволяет нам избавиться от формально-математического представления формулы (1) и придать ей физический смысл.