

Инерция?! Это очень просто!

Итак, мы собираемся рассказать Вам физический механизм инерции тел. Причём рассказать очень простым и доступным языком. На самом «пальцевом», так называемом «феноменологическом» уровне. Но, чтобы это сделать, мы должны воспользоваться довольно большим объёмом человеческих знаний, уже накопленных к нынешнему дню. Не пугайтесь, учебники штудировать не придётся. Со всеми этими знаниями Вас всех знакомили ещё в школе. Предполагается, что Вы кое-что помните из школьного курса, но, тем не менее, основные факты и идеи мы напомним по ходу изложения.

Так что ж такое инерция? Это – физическое явление. Когда оно проявляется? Ну конечно, когда мы пытаемся остановить катящийся камень или поймать рукой пушечное ядро... Когда пытаемся пнуть ногой кирпич, лежащий на дороге. Когда стреляем и ощущаем отдачу от выстрела. Словом, всякий раз, когда мы пытаемся изменить характер движения весомого тела, это тело почему-то оказывает такой попытке яростное сопротивление. Триста лет назад учёные установили законы, по которым происходит механическое движение весомых тел и с тех пор к этим законам практически ничего не прибавилось. Законы называются «законами Ньютона», различаются номерами (1-й закон, 2-й и 3-й) и говорят нам о том, как именно происходит взаимодействие весомых тел и как оно связано с их движением.

Теперь мы предлагаем Вам мысленно углубиться внутрь некоторого весомого тела (например, кирпича) и посмотреть, что у него внутри. Современные знания говорят нам, что кирпич состоит из молекул, молекулы из атомов – мельчайших частичек вещества. Атомы же в свою очередь состоят из элементарных частиц, которые уже более ни на какие части поделить не удаётся. Элементарных частиц в кирпиче всего три вида: электроны, протоны и нейтроны. Временно и исключительно для компактности объяснения попросим Вас забыть про нейтроны (мы вернёмся к ним чуть позже). Пусть пока наш воображаемый кирпич состоит только из протонов и электронов. Известно, что эти две частицы имеют одинаковый электрический заряд в точности равный по величине, но противоположный по знаку. Кроме того, опыт и физический прагматизм говорят нам, что эти частицы, эти мельчайшие «кирпичики» Мироздания имеют какой-то размер. Поскольку размер можно установить у любого объекта, который ведёт себя как более-менее компактный. А электроны с протонами очень, очень компактны. Например, с помощью электронного луча сегодня создают в промышленных масштабах субмикронные объекты. К сожалению, учёные никак не могут договориться, каков именно размер этих частиц. Он настолько невообразимо мал, что мы до сих пор не имеем простых и очевидных способов для его измерения. Есть только масса сложных и косвенных методик, позволяющих весьма приблизительно судить о размерах частиц. Одно понятно твёрдо – размеры их жутко малы. То ли 10^{-15} , то ли 10^{-18} степени метров. В то же время размеры крупных атомов установлены гораздо более точно и наглядно

(например, по рентгенограммам) и составляют порядка $10^{-10} \div 10^{-11}$ м. Следовательно, на микроуровне вещество представляет собой крохотные элементарные частицы, расположенные на огромных расстояниях, исчисляемых как минимум тысячами их собственных размеров. Т.е. вещество внутри похоже на туман из очень редких и очень маленьких электрически заряженных «капелек».

Любопытный читатель уже задал вопрос: а что между этими частицами? Вот тут современная физика начинает «плавать». Вы можете встретить мистические заявления, что между частицами, мол, «пустота», «ничто», «пустое пространство». Пустота или «ничто» - не являются объектами науки, так как не имеют по определению никаких физических свойств. Оставим эти понятия мистикам. Пространство же – всего лишь *геометрический* термин, придуманный в рамках математики, и тоже не обладающий *физическими* свойствами. В более серьёзных источниках можно встретить заявления, что между частицами находится «физический вакуум» или «квантовые поля». Если начать выяснять что же это такое, то быстро распухнет голова. Одно понятно, это не абстрактная пустота, это всё же некая *среда*, физическая субстанция, обладающая какими-то физическими свойствами. А значит, подлежащая изучению и как-то влияющая на происходящие во Вселенной процессы. Такой подход уже открывает путь для науки. Мы называем эту среду по-старинке, эфиром. Нам от всего многообразия свойств этой среды пока понадобится очень немного: тот факт, что эта среда **есть**. Поскольку эта среда находится между элементарными частицами, то она, следовательно, как минимум находится везде, где нет конкретной частицы. Ну, примерно как воздух находится между капельками тумана.

Теперь сосредоточимся мысленным взором на одной-единственной элементарной частичке в нашем кирпиче, пусть это будет, например, электрон. Приведём кирпич в движение, а именно, начнём его ускорять. Т.е. двигать всё быстрее и быстрее. Понятно, что коль скоро весь кирпич мы ускоряем, то и тот единичный электрон, на который мы мысленно смотрим, тоже ускоряется. А он, напомним, электрически заряжен. Т.е. представляет собой движущийся заряд. Движущийся же заряд по определению представляет собой *электрический ток*. Равномерно и прямолинейно движущийся – представляет постоянный ток, учёные называют такой ток «конвекционным». Ускоренно движущийся заряд, соответственно, представляет собой *переменный ток*, т.е. ток, изменяющийся во времени. И вот тут-то начинается самое интересное! Оказывается, учёным уже 200 лет, со времён Фарадея известно, что любой ток «не желает» меняться, он сопротивляется той силе, которая пытается изменить его величину. Это свойство токов сопротивляться изменению своей величины было названо учёными «самоиндукцией». Самоиндукция описывается законом индукции Фарадея и правилом Ленца. Изначально самоиндукция токов была исследована на примере токов проводимости в проводниках. Установлено, что изменение тока, текущего через проводник приводит к появлению внутри проводника (т.е. в среде проводника, в металле) *электрического поля индукции*, препятствующего движению зарядов. Причём если заряды пытаются двигаться всё быстрее и быстрее, то поле индукции «останавливает» их, мешая наращивать скорость.

Если же заряды пытаются остановиться, т.е. двигаются всё медленнее и медленнее, то поле индукции, наоборот, «подгоняет» их, пытаясь заставить соблюдать равномерность движения. Позднее было выяснено, что все виды токов, известные людям ведут себя одинаково и подчиняются одним и тем же законам. Следовательно, явление самоиндукции должно наблюдаться не только для токов проводимости в проводах, но и в электролитах и в диэлектриках и даже для токов смещения в вакууме. И оно, это явление, как твёрдо установлено физиками, наблюдается! Значит, если одиночный электрон пытается двигаться в некоей среде всё быстрее и быстрее, то он являет собой изменяющийся ток и среда сопротивляется такому его поведению, создавая противодействующее ускорению электрона поле. Следовательно, и в мировой диэлектрической среде (эфире, физическом вакууме) происходит ровно всё то же самое! Так вот он, механизм инерции: **заряженная частица, ускоренно движущаяся в мировой диэлектрической среде, представляет собой изменяющийся электрический ток в среде и, соответственно твёрдо установленным законам индукции Фарадея, вызывает появление в этой среде электрического поля индукции, которое по правилу Ленца препятствует ускорению частицы.** Ну, а коль скоро на все заряженные частицы ускоряемого кирпича действует эта сила, то она действует и на весь кирпич в целом, складываясь из крохотных сил, приложенных к каждой частице. Строгая теория, которая, впрочем, очень проста, показывает, что сила F эта для каждой частицы прямо пропорциональна ускорению a , действующему на частицу, квадрату заряда q_0^2 частицы и обратно пропорциональна размеру r_0 частицы:
$$F = \frac{\mu_0}{8\pi} \cdot \frac{q_0^2}{r_0} \cdot a.$$

Отношение квадрата заряда к размеру частицы (с учётом размерного множителя в СИ) в точности равно массе частиц $m_0 = \frac{\mu_0}{8\pi} \cdot \frac{q_0^2}{r_0}$. При этом радиус электрона оказывается примерно равен $r_0 = 1.4 \cdot 10^{-15}$ м. Всё сказанное про электрон, справедливо и для протона, с той разницей, что масса протона в 1836 раз *больше*, чем у электрона, а радиус, соответственно, в 1836 раз *меньше*, поскольку квадрат заряда у них одинаков.

Вот так дела! Оказалось, что тяжёлый протон на несколько порядков меньше размерами, чем лёгкий электрон?! Да. Именно так. Но в физической литературе встречаются заявления, что всё наоборот, это, мол, электрон в тысячи раз меньше протона. Но попробуйте-ка выяснить, из чего это следует, по мнению современных физиков. И Вы удивитесь. Оказывается, это следует просто из того, что так когда-то решили. А решили по инерции: раз протон тяжелее, то он, наверное, и больше. С тех пор все опыты *трактуют* исходя из уже принятого решения, что протон крупнее электрона. На самом же деле не существует никакого простого и прямого способа измерить размеры элементарных частиц, а все сложные и косвенные опыты требуют непростой интерпретации. А в систему этой интерпретации уже *встроено* устойчивое мнение, что протон *должен* быть больше электрона. Так замыкается порочный круг. В то же время, простой подсчёт электростатической энергии столь малого заряженного тела, каким

считается электрон, даёт величину собственной энергии электрона на три порядка большей, чем наблюдаемая в экспериментах (например, в экспериментах по аннигиляции частиц). Признание более здравых представлений о размерах частиц снимает подобные парадоксы.

Теперь вернёмся к нейтронам. Как быть с ними? Ведь эти частицы, вроде бы, не имеют собственного электрического заряда? Откуда же у них берётся инерция и инерционная масса? Действительно, в 30-х годах 20 столетия, когда нейтрон открыли, физики поначалу верили в то, что это истинно элементарная (неделимая) частица, не содержащая электрических зарядов, но имеющая массу. Причём не только инертную массу, но и точно равную её «тяжёлую», поскольку нейтронный пучок в опыте прекрасно «падает» вниз в поле тяготения Земли. Затем выяснилось, что свободные, вырванные из ядра нейтроны живут очень мало, что-то около 15 минут и затем *самопроизвольно* распадаются на различные другие объекты. Это навело на мысль, что нейтрон не является истинно элементарной частицей, а представляет собой систему других частиц. Этот вывод подтверждался и наличием магнитного момента у нейтрона. Раз есть магнитный момент – значит, внутри него текут токи. Токи – это всегда движение каких-то зарядов. Значит, внутри нейтрона всё-таки есть электрические заряды! Уже в самом конце 20 столетия точно выяснили, что нейтрон действительно состоит из разноимённо заряженных областей. То есть, нейтрон можно представить себе как *систему* из двух (или более) частиц с противоположными электрическими зарядами а значит, он не является истинно элементарной частицей. Но тогда сразу понятно, откуда у нейтрона инерция и масса: каждая заряженная частица внутри нейтрона подчиняется тем же закономерностям, что и протоны с электронами. И точно также испытывает силу индукции со стороны мировой среды, когда её пытаются ускорить относительно этой среды. Масса же нейтрона является суперпозицией (здесь мы специально избегаем слова «сумма» по весьма серьёзной причине) масс составляющих его частиц.

Итак, механизм инерции описан, и описан очень компактно и просто. Но, всякая хорошая теория должна, кроме тех фактов исходя из которых она создавалась, описывать и другие факты, не заложенные в неё изначально. Например, со школьной скамьи людям известно, что собранные в ядра атомов элементарные частицы весят несколько меньше, чем простая сумма их весов, взятых по отдельности. Это явление называется «дефект массы» и никакого внятного объяснения своего физического механизма сегодня не имеет. А сможет ли вышеизложенная «индукционная» теория массы объяснить дефект масс?! Попробуем!

Известно, что переменный ток подвержен явлению самоиндукции, т.е. сопротивляется своему изменению. Применительно к проводникам это явление численно характеризуется таким параметром проводника как индуктивность. Чем больше индуктивность, тем больше сопротивление проводника изменению тока в нём. Известно, что если расположить **два** проводника с **противоположно** протекающими токами **рядом**, то суммарная индуктивность этих проводников **уменьшится**. Это происходит потому, что поле индукции, *препятствующее*

ускорению электронов в *первом* проводнике, будет волей-неволей *подгонять* электроны во *втором* проводнике (поскольку они бегут в противоположную сторону!). В свою очередь поле самоиндукции во втором проводнике будет подгонять электроны в первом. В результате полная самоиндукция в обоих проводниках окажется меньше, чем сумма самоиндукций каждого из них по отдельности. Говорят, что у такой системы проводников *уменьшилась индуктивность*. Известны так называемые *бифилярные* проводники с чрезвычайно низкой индуктивностью, т.е. слабо сопротивляющиеся изменениям протекающего в них тока. Рассмотрим две частицы разного знака, находящиеся *рядышком* и *одинаково ускоряемые*. Если первая частица представляет собой ток текущий, условно говоря «вперёд», то вторая-то будет током текущим «назад» (из-за другого знака заряда). Получается, что две, расположенные рядом ускоряемые разнозаряженные частицы эквивалентны бифилярным переменным противонаправленным токам. И их суммарная «сопротивляемость» ускорению окажется меньше, чем простая сумма «сопротивляемостей» каждой частицы по отдельности. Вот Вам и объяснение «дефекта масс». Это, оказывается, даже не дефект масс частиц, как таковых, а *дефект полной инерции системы частиц*. Такое объяснение дефекта масс снимает с него всякий покров мистики и переводит в разряд практически очевидных явлений.

Заодно, появляется возможность представить себе нейтрон, как систему всего из двух частиц: протона и антипротона. Они вращаются вокруг общего центра масс и почти касаются друг друга. В результате чего дефект массы системы достигает почти предельного значения 50%. Вот почему мы выше избегли слов «сумма масс», заменив их словом «суперпозиция». Таков ли нейтрон на самом деле, мы не знаем, конечно, но модель очень проста и непротиворечива.

Скорее всего, у Вас, дорогой читатель, возникнет масса вопросов по изложенным выше представлениям об инерции. Наверняка часть этих вопросов и ответы на них вы найдёте в разделе «Вопросы и ответы». На многие вопросы Вы и сами себе ответите по зрелом размышлении. Ну, а если что-то ещё останется непонятным, пишите, задавайте вопросы нам.