

# Ньютонова и галилеева электродинамика

Валерий Петущак, к.т.н.

В настоящей работе показано, что именно отрицание материальной среды (МС), состоянием которой является электромагнитное поле, является причиной неотносительности классической электродинамики в относительности Галилея и нарушения законов Ньютона. В классической электродинамике и электродинамике релятивистских скоростей соблюдается относительность и справедливы законы Ньютона, если в качестве субъекта электродинамических взаимодействий рассматривается МС.

## Введение

Электродинамические взаимодействия неинвариантны в относительности Галилея, в этих взаимодействиях нарушается третий закон Ньютона. Почему? Естественно, казалось бы, искать причину в наличии промежуточного субъекта взаимодействия – материальной среды (далее МС), передающей и трансформирующей эти взаимодействия, игнорирование которой приводит к таким результатам. Однако физики пошли другим путем. Чтобы ввести эти взаимодействия в искусственно созданный постулат относительности, пришлось абсолютизировать скорость света, трансформировать пространство и время. Посмотрим, соблюдается ли декларированный в СТО постулат относительности? С этой целью проанализируем законы классической электродинамики и законы СТО. Законы классической электродинамики проверены практикой с большой степенью точности, поэтому, если МС, состоянием которой является электромагнитное (ЭМ) поле, реально существует, она должна явно проявлять себя в этой электродинамике, например, в силовых взаимодействиях. В электродинамике же СТО эта среда должна так же проявлять себя в электродинамических взаимодействиях, но уже в качестве фактора, вызывающего неадекватности и противоречия. В данной работе анализируются законы классической электродинамики и СТО именно в этом аспекте.

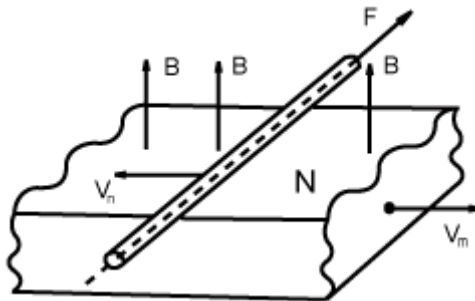
## 1. Постулат относительности в электродинамике

Постулат относительности СТО является, пожалуй, основным положением этой теории, т.к. он отрицает существование материальной среды (далее МС), в которой распространяются электромагнитные колебания, среды, состоянием которой являются электрическое и магнитное поля. Проверим, выполняется ли в СТО декларированный постулат? Чтобы исключить эффекты, связанные с постоянством скорости света СТО, будем рассматривать преимущественно квазистатические электродинамические взаимодействия, т.е. взаимодействия объектов, движущихся со скоростями, пренебрежимо малыми по сравнению со скоростью  $c$ . К постулату постоянства скорости света обратимся в разделе 6.

Как достигается относительность электродинамических взаимодействий в СТО? На первой странице работы [1] А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел» приведен пример: «Вспомним, например, электродинамическое взаимодействие между магнитом и проводником. Наблюдаемое явление зависит только от относительного движения проводника и магнита, в то время как согласно обычному представлению оба случая, в котором либо одно, либо другое из этих тел является движущимися, должны быть строго разграничены. В самом деле, если движется магнит, а проводник покоится, то вокруг магнита возникает электрическое поле, обладающее некоторым количеством энергии, которое в тех местах, где находятся части проводника, порождает ток».

Приведенный в цитате простой пример является в то же время весьма наглядной и простой иллюстрацией, позволяющей провести чёткую грань между «обычным представлением», т.е. классической электродинамикой и электродинамикой теории относительности. Традиционно считается, что классическая электродинамика является частным случаем электродинамики СТО для малых квазистатических скоростей. Проверим, так ли это. В приведенном примере

автор говорит о случае, когда при движении магнита вектор магнитного поля не изменяется ни по величине, ни по направлению, т.к. в противном случае, «согласно обычному представлению», то есть, в классической электродинамике, оба случая не разграничиваются в соответствии с основным законом ЭМ индукции. На рис. 1 приведена иллюстрация, соответствующая этому примеру: бесконечно длинный однородный магнит, полюса которого расположены на верхней и нижней гранях, движется относительно неподвижного проводника.



**Рис.1.** Бесконечно длинный однородный магнит с полюсами на верхней и нижней поверхности движется относительно проводника

В классической электродинамике ЭДС в проводнике возникает при его движении в однородном магнитном поле относительно Земли, однако *не возникает при движении магнита при неподвижном проводнике*. На частицу с зарядом  $q$ , движущуюся в магнитном поле со скоростью  $V_1$  с индукцией  $B$ , действует сила Лоренца

$$F = q[V_1 B].$$

Обратим внимание на определение силы Лоренца в классической электродинамике: скорость частицы *относительно* магнитного поля не существенна, важна лишь скорость относительно Земли. В проводнике движущимися частицами являются электроны. В неподвижном проводнике электроны движутся хаотически, поэтому результирующая сила равна нулю. Если проводник движется в магнитном поле, электроны в проводнике приобретают скорость дрейфа и сила Лоренца создаёт ЭДС.

Теперь проанализируем это с позиций электродинамики СТО. Автор цитаты акцентирует, что при движении магнита относительно проводника в соответствии с преобразованиями Лоренца электромагнитного поля возникает электрическая составляющая поля.

Пусть источник магнитного поля неподвижен в ИС, движущейся относительно Земли со скоростью  $V_2$ . В этой ИС электрического поля нет, есть магнитное поле с индукцией  $B$ . Определим параметры этого поля в ИС, неподвижной относительно поверхности Земли. В соответствии с принципом относительности электрического и магнитного поля СТО параметры поля изменятся в соответствии с преобразованиями Лоренца ЭМ поля

$$E' = E + [VB]; \quad B' = B - \left[ \frac{V}{c^2} E \right].$$

Магнитная составляющая поля в этой инерциальной системе не изменится, но появится ещё электрическая составляющая

$$E = -[V_2 B].$$

На движущуюся в проводнике заряженную частицу (электрон) будет действовать сила Лоренца

$$F = q[V_1 B] - q[V_2 B] = q[(V_1 - V_2) B]. \quad (1.1)$$

Мы подтвердили приведенную цитату: сила Лоренца, действующая на движущуюся частицу, пропорциональна скорости движения частицы относительно источника магнитного поля: «наблюдаемое явление зависит только от относительного движения проводника и магнита».

Рассмотренный частный случай, когда электрическое поле равно нулю, но отлично от нуля магнитное поле, это популярный пример, который используют в учебниках электродинамики для иллюстрации адекватности лоренцовых преобразований поля. Сопоставим выражения

$F = q[V_1 B]$  – определение силы Лоренца в классической электродинамике для заряда, движущегося в магнитном поле;

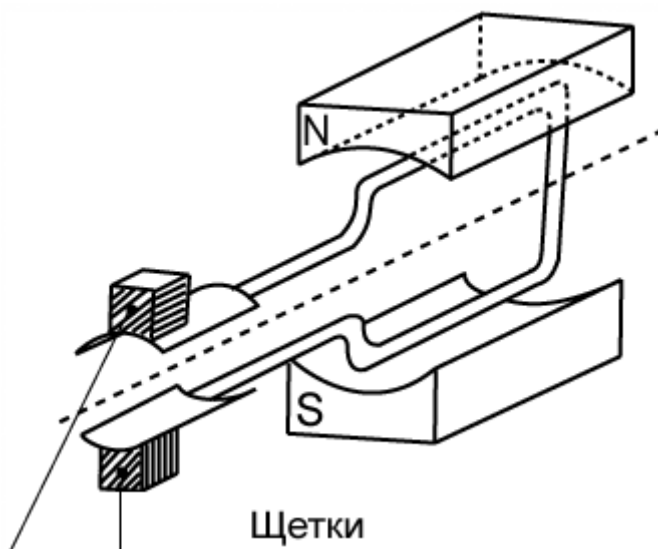
$F = q[(V_1 - V_2) B]$  – определение силы Лоренца для аналогичного случая в электродинамике СТО в соответствии с преобразованиями Лоренца ЭМ поля.

Приведенные выражения противоречат друг другу. В первом сила, действующая на движущийся заряд, определяется скоростью его движения относительно Земли, во втором – относительно источника магнитного поля. Какое истинно? Обратимся к практике. Казалось бы, трудно найти пример для проверки сил, проявляющихся эффективно лишь при скоростях, близких к световой. Это не совсем так. Лоренцовы силы проявляются при движении проводников в магнитном поле, а скорость направленного дрейфа электронов в проводнике составляет сантиметры в секунду. То есть, имеем возможность проверить пример на реальных электротехнических устройствах, генераторах постоянного и переменного тока. Они существенно различаются механизмом наведения ЭДС. В [9] автор различает два таких механизма: фарадеев и лоренцев. Фарадееву соответствует основной закон электромагнитной индукции – статический механизм, причиной наведения ЭДС при котором является изменение магнитного потока  $\Phi_m$ , сцепленного с замкнутым контуром, независимо от причины изменения потока:

$$E = - \frac{d\Phi_m}{dt}.$$

Лоренцев – динамический принцип, при котором ЭДС возникает при движении проводника в магнитном поле. ЭДС описывается той же формулой, однако, в этом случае  $d\Phi_m$  – магнитный поток через поверхность, *прочерчиваемую* за время  $dt$  движущимся проводником. То есть, в лоренцевом случае ЭДС возникает из-за *движения* проводника в магнитном поле.

Генераторы переменного тока используют Фарадеев принцип, а генераторы постоянного тока – Лоренцев: ЭДС возникает в проводниках при движении в постоянном магнитном поле. Существенно отличны конструкции генераторов: в генераторах переменного тока роторы – вращающиеся (электро)магниты, в генераторах постоянного тока магниты **всегда** в статоре.



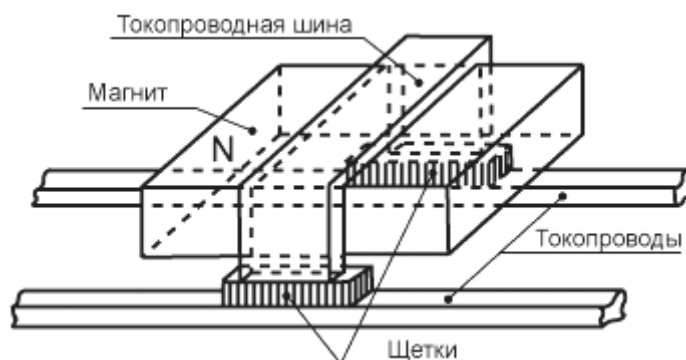
**Рис. 2.** Условная схема генератора постоянного тока

На рис. 2 изображена условная схема генератора постоянного тока. Проводниковая рамка поворачивается в однородном магнитном поле на небольшой угол, затем коллектор подклю-

чает следующую рамку. Почему Лоренцев механизм вынуждает располагать магниты в статоре? Причина проста: **не возникает ЭДС при движении магнита относительно проводника, если не изменяется магнитное поле**, не работает генератор постоянного тока с вращающимися магнитами и неподвижными обмотками. В неподвижной обмотке нельзя получить постоянную составляющую ЭДС при любом изменении магнитного потока. **Практика опровергает преобразования Лоренца электромагнитного поля и принцип относительности электрического и магнитного поля** и подтверждает «обычные представления» классической электродинамики.

Рассмотрим возможные возражения. Обычное – преобразования Лоренца годятся для ИС, для вращающихся роторов генератора они неприменимы. Ответим: при бесконечно малом перемещении ротора преобразования Лоренца должны быть адекватны, а вращение ротора можно рассмотреть как сумму бесконечно малых перемещений. Спросим: как электродинамика СТО объясняет, почему ЭДС в генераторах постоянного тока не наводится при вращении магнитов?

Подойдём с иной стороны: известные линейные электродвигатели. Рассмотрим, например, вариант, описанный в патенте RU (11) 2076440 (13) С1. На рис. 3 изображена условная схема этого двигателя. Для упрощения на рис. 3 постоянный магнит, в патенте электромагнит. Цитируем: «Сущность изобретения: *подвижная часть содержит источник магнитного поля, состоящий из верхней и нижней секций. Между ними расположен силовой токовод с токосъёмниками на концах, обеспечивающими электрический контакт с неподвижными тоководами*».



**Рис. 3.** Линейный электродвигатель

В патенте подвижная часть униполярного двигателя не вращается, а движется по прямой линии, источник магнитного поля движется вместе с ней. Двигатель обратим и работает как генератор, если его перемещать по токосъёмникам. Здесь поступательное движение, то есть преобразования Лоренца должны работать. Тем не менее, устройство подтверждает неадекватность формулы (1.1) и преобразований Лоренца.

Интересно, что здесь нет относительного движения магнита и проводника: проводник отталкивается от поля магнита, с которым движется. Объясним парадокс в четвёртом разделе.

Приведём ещё одно возможное возражение: положения СТО не работают в ИС, неподвижной относительно Земли, т.к. Земля вращается. Действительно, вращение Земли приводит к тому, что каждое материальное тело испытывает центробежное ускорение. Подсчитаем величину этого ускорения. Приняв радиус Земли 6400 км, период обращения 24 часа, получим центробежное ускорение на экваторе: 0,033 м/сек. Сравним с гравитационным ускорением: центробежное ускорение на экваторе равно 0,34% ускорения силы тяжести. Никаких поправок к законам Ньютона на поверхности Земли мы не применяем. Тем более не идёт речь о том, что физика Ньютона, которая, строго говоря, есть физика инерциальных систем, несправедлива в инерциальных системах, неподвижных относительно Земли. Почему же мы тогда должны делать такое исключение для электродинамики СТО? При какой величине ускорения работает эта электродинамика. Можно, наверное, потребовать, чтобы такое ускоре-

ние было равно нулю, но это идеальное вряд ли достижимое условие. **Но тогда можно сделать вывод, что в реальных инерциальных системах электродинамика СТО не работает и просто забыть о ней.**

Вернёмся к примеру, соответствующему приведенной в начале раздела цитате. В примере отличным от нуля было лишь магнитное поле. Этот пример соответствует магнитному полю нейтральных проводников. Магнитное поле в неподвижном проводнике возникает вследствие движения электронов относительно покоящихся положительных ионов. С какой бы скоростью ни двигался такой проводник, разность скоростей положительных и отрицательных зарядов в нём остаётся постоянной, следовательно, магнитное поле не зависит от скорости движения проводника. В любой ИС разность скоростей положительных и отрицательных зарядов остаётся постоянной, поэтому магнитное поле нейтрального проводника остаётся постоянным в любой ИС. В то же время проводник остаётся электрически нейтральным в любой ИС: как бы ни рассчитывали релятивисты электрическое поле такого проводника, в любом его сечении всегда останется равное количество электронов и положительно заряженных ионов.

Сделаем выводы: содержание приведенной цитаты опровергается опытом. Опыт же демонстрирует неадекватность преобразований Лоренца электромагнитного поля.

Чтобы подтвердить это, рассмотрим другой пример, когда отличны от нуля и магнитное и электрическое поля: источник магнитного поля есть заряженная частица 2 с зарядом  $q_2$ , движущаяся относительно Земли со скоростью  $V_2$ . По сути, имеем пример движущегося источника магнитного поля. В ИС, движущейся вместе с зарядом со скоростью  $V_2$ , магнитное поле заряда равно нулю, но отлично от нуля электрическое поле  $E'$ . В ИС, неподвижной относительно Земли, в соответствии с преобразованиями Лоренца

$$B = -\left[\frac{V_2}{c^2} E'\right]; E = E'.$$

На частицу 1 с зарядом  $q_1$ , движущуюся со скоростью  $V_1$  в ИС, неподвижной относительно Земли, будет действовать Лоренцева сила

$$F = q_1 E + q_1 [V_1 B] = q_1 E - \frac{q_1}{c^2} [V_1 [V_2 E]].$$

То есть, здесь сила магнитного взаимодействия уже не пропорциональна *относительной* скорости заряда и источника магнитного поля. Следовательно, преобразования Лоренца электромагнитного поля в общем случае не подтверждают *относительность* движения заряда и источника магнитного поля в электромагнитных взаимодействиях.

Рассмотренное выше позволяет сделать следующие выводы:

- законы классической электродинамики и практическая реализация этих законов в электрических машинах противоречат адекватности преобразований Лоренца электромагнитного поля и принципу относительности электрического и магнитного поля;
- силовые магнитные взаимодействия не определяются относительной скоростью взаимодействующих объектов ни в классической электродинамике, ни в электродинамике СТО.

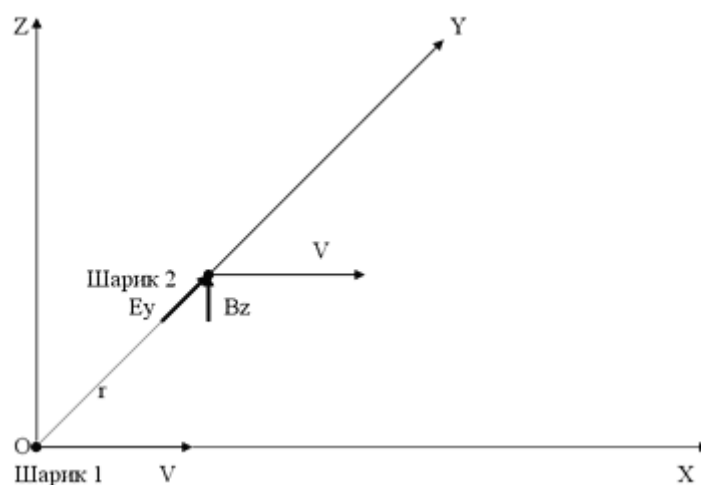
Мы столкнулись с неадекватностью СТО: нарушается декларированный постулат относительности. Почему электродинамические взаимодействия не относительны в классической электродинамике и нарушают постулат относительности СТО? Потому, что эти взаимодействия *реально не относительны*, то есть происходят не в вакууме, а в материальной среде, которая является субъектом таких взаимодействий. Но тогда должна быть возможность определения движения относительно этой МС.

## 2. Движение относительно МС

Постулат относительности СТО отрицает возможность определения движения в замкнутой системе тел, то есть, на основе любых физических экспериментов, проведенных в замкнутой системе тел, нельзя установить, покоится ли эта система или движется равномерно и прямолинейно. Раз в классической электродинамике этот постулат нарушается, следовательно, движение обнаружить можно. В [9] упомянут «известный парадокс движения двух одноименных зарядов: когда заряды неподвижны, они отталкиваются, а когда начинают двигаться – начинают притягиваться». Синхронное движение двух электрических зарядов, при котором их относительная скорость равна нулю, приводит к изменению их силового взаимодействия в результате возникновения магнитного поля. Движение относительно чего? В классической электродинамике магнитное поле возникает лишь при движении зарядов относительно Земли, следовательно, в замкнутой системе тел фиксируется факт движения относительно поверхности Земли. Законы классической электродинамики фактически отрицают *относительность* магнитного взаимодействия, именно поэтому движение двух одноименных зарядов не является «парадоксом» классической электродинамики, а явлением, соответствующим её законам. Поэтому наблюдатель в железнодорожном вагоне может определить его движение, если у него есть два одноименных заряда и динамометр, измеряющий силу их взаимодействия.

Возможно ли в электродинамике СТО определить движение, ведь, в отличие от классической электродинамики, СТО декларирует постулат относительности?

Рассмотрим эксперимент: на лабораторном столе на нитях подвешены два заряженных шарика (рис. 4). Шарик 1 неподвижен, шарик 2 движется со скоростью  $V$  параллельно оси  $OX$ . Шарик 2 отталкивается от шарика 1, потому что имеет одинаковые заряды. Силу взаимодействия измеряют динамометром. Шарик 2 закреплен на подвижном устройстве, которое может перемещаться по неподвижному столу.



**Рис. 4.** Электромагнитное взаимодействие двух заряженных шариков, движущихся со скоростью  $V$  параллельно оси  $OX$

Двигаясь относительно стола со скоростью  $V$ , шарик 2 действует друг на друга силой Лоренца

$$F = qE + q[VB].$$

На рис. 1 вектор  $V$  направлен параллельно оси  $OX$ , шарик 1 в центре координат, шарик 2 – на оси  $OY$  на расстоянии  $r$  от шарика 1. Проанализируем взаимодействие шариков в классической электродинамике. Движение шарика 1 создает магнитное поле, вектор индукции  $B$  которого в месте расположения шарика 2 направлен параллельно оси  $OZ$ , от нуля отличается лишь его проекция  $B_z$ . Сила Лоренца  $F_{12}$ , с которой шарик 1 действует на шарик 2, равна

$$F_{12} = F_y = qE_y + q[VB_z].$$

Учитывая, что

$$E_Y = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; B_Z = \frac{\mu_0 qV}{4\pi r^2}; \mu_0 = 1/\epsilon_0 c^2,$$

получаем значение силы  $F_{12}$ :

$$F_{12} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) = qE_Y \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right). \quad (2.1)$$

Синхронное движение шариков относительно земли создаёт магнитное поле, притягивающее их друг к другу и уменьшающее действие электрического отталкивания. Итак, сила взаимодействия явно зависит от скорости их движения относительно поверхности земли.

Теперь проанализируем силовое взаимодействие в электродинамике СТО: фиксирует ли динамометр действие магнитного поля, когда шарики начинают двигаться, ведь динамометр тоже движется вместе с шариками со скоростью  $V$ , поэтому он не является наблюдателем, относительно которого движутся шарики. Рассмотрим силовое взаимодействие шариков в ИС  $K'$ , движущейся вдоль оси  $OX$  со скоростью  $V$ . В соответствии с преобразованиями Лоренца электромагнитного поля изменятся магнитная и электрическая составляющие поля:

$$E_{Y'} = \frac{E_Y - VB_Z}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad (2.2)$$

$$B_{Z'} = \frac{B_Z - VE_Y/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}. \quad (2.3)$$

В инерциальной системе  $K'$ , которая движется вдоль оси  $OX$  со скоростью  $V$ , изменится электрическая составляющая  $E_{Y'}$  соответственно выражению (2.2) и магнитная составляющая  $B_{Z'}$  соответственно выражению (2.3). Магнитная составляющая  $B_{Z'}$  будет равняться нулю, а напряженность электрического поля  $E_{Y'}$  уменьшится:

$$E_{Y'} = \frac{E_Y}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right).$$

Пропорционально уменьшится сила взаимодействия шариков, которую динамометр фиксирует в системе  $K'$ :

$$F'_{12} = \frac{qE_Y}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right).$$

Как обычно констатируют зависимости в СТО: «значение сил в инерциальных системах  $K$  и  $K'$  отличаются лишь релятивистским множителем  $\frac{1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$ . Однако следует учесть, что

«пропорционально релятивистскому множителю» изменятся все силы в плоскости  $XOY$ , то есть соответственно изменится и калибровка динамометра, поэтому его показания будут в точности соответствовать формуле (2.1). То есть динамометр будет фиксировать факт движения зарядов и в СТО. Движения относительно чего? Оказывается, и в классической электродинамике, и в электродинамике СТО можно определить, движется ли закрытый вагон, если есть два заряженных шарика и динамометр.

Сделаем выводы. Законы классической электродинамики позволяют в замкнутой системе материальных объектов фиксировать факт движения. Если можно фиксировать движение, то есть субъект, относительно которого движение происходит. То есть, классическая электродинамика демонстрирует причину *неотносительности* электродинамических взаимодействий.

вий: реально существует субъект – материальная среда, движение относительно которой можно определить. А электродинамика СТО? Несмотря на провозглашённый постулат относительности и на введенный принцип относительности электрического и магнитного поля, СТО не удаётся добиться относительности в электродинамических взаимодействиях. Почему? Потому, что это противоречит природе.

Вывод: силовые электродинамические взаимодействия в обеих электродинамиках *позволяют зафиксировать движение*. Это ещё одно подтверждение существования МС.

### 3. Скорость магнитного поля в электродинамических взаимодействиях

В предыдущих двух разделах мы привели доказательства того, что электродинамические взаимодействия неотносительны, происходят не в вакууме, а в МС, которая явно проявляет себя в электродинамических взаимодействиях, т.к. состоянием этой среды является ЭМ поле. Но тогда эти взаимодействия должны быть относительны по отношению к этой МС. В этом случае эта среда и её состояние – магнитное поле – должны иметь собственную скорость в любой ИС.

Вернёмся к классической электродинамике. Определим, опираясь на её законы, подтвержденные практикой, с какой скоростью движется магнитное поле при движении его источника. То есть, движется ли магнитное поле электрона со скоростью электрона в катодной трубке – сотни тысяч км в секунду, или со скоростью электрона в проводнике – см в сек?

Как определить скорость движения магнитного поля? Эта скорость должна реально проявляться, во-первых, при движении заряда, создающего магнитное поле, во-вторых, при движении в магнитном поле заряда, испытывающего силовое взаимодействие.

В классической электродинамике величина индукции движущегося заряда пропорциональна скорости его движения  $V$  относительно поверхности Земли

$$B = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [Vr].$$

Лоренцева магнитная сила  $F_m$ , действующая на заряд, движущийся в магнитном поле, также пропорциональна его скорости относительно поверхности Земли

$$F_m = q[VB].$$

Почему «относительно поверхности Земли»? Почему не фигурирует относительная скорость движения зарядов? Классическая электродинамика констатирует, но не анализирует. Объяснение можно получить лишь в электродинамике СТО: скорость движения относительно поверхности Земли – это скорость относительно наблюдателя, от скорости наблюдателя зависит величина индукции магнитного поля. С этим можно бы согласиться, если бы речь шла об одном заряде. Рассмотрим взаимодействие двух зарядов. Каждый испытывает силовое действие со стороны другого и это действие должен реально оценивать объективный наблюдатель независимо от скорости его движения. Наблюдатель нужен, чтобы правильно фиксировать реальные события. Если оценка наблюдателя зависит от скорости его движения, нужно вводить поправку в его наблюдения, а не принимать результат наблюдений за факт.

То есть скорость движения наблюдателя не определяет ни значение магнитной индукции, ни величину лоренцевой силы. Почему же в классической электродинамике магнитная индукция и магнитная лоренцева сила определяются скоростью заряда относительно поверхности Земли?

Магнитное поле действует только на движущийся заряд. Если магнитное поле имеет собственную скорость, логично предположить, что действие этого поля на движущийся заряд должно зависеть и его от собственной скорости. В этом случае магнитная сила  $F_m$ , действующая на движущийся заряд, должна зависеть от направления движения заряда.



Рассмотрим ИС 1, движущуюся со скоростью  $v_1$  относительно Земли. Определим в ИС 1 магнитную индукцию заряда, движущегося со скоростью  $V$  в ИС 0, неподвижной относительно Земли, предположив, что в обеих системах величина индукции будет одинакова:

$$B = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^3} [Vr] = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^3} [(V - v_1)r].$$

В ИС1 величина и направление вектора магнитной индукции явно зависят от направления движения заряда в системе отсчёта. Аналогично магнитная сила, которая будет действовать на другой заряд, движущийся в системе ИС1 со скоростью  $V_2$ , будет зависеть от направления движения заряда:

$$F = q_2 [(V - v_1)B].$$

То есть магнитная сила в ИС1 будет действовать так же, как если бы опора этой силы двигалась в этой системе отсчёта со скоростью  $v_1$ .

Вывод: вектор магнитной индукции в ИС1 имеет не только величину и направление, но и движется относительно системы отсчёта со скоростью  $v_1$ . Тогда, аналогично, он будет двигаться в ИС2 со скоростью  $v_2$  и т.д. Лишь в ИС, неподвижной относительно Земли, этот вектор, который есть опора магнитных сил, неподвижен относительно Земли.

Итак, магнитное поле неподвижно относительно поверхности Земли при любой скорости и направлении движения заряда. Этот вывод подтверждается формулой магнитной индукции и формулой магнитной составляющей силы Лоренца.

**Вывод:** в силовых магнитных взаимодействиях магнитное поле проявляет себя неподвижным относительно Земли субъектом этих взаимодействий, являющимся опорой магнитных сил. В произвольных ИС магнитное поле есть субъект силовых взаимодействий, имеющий собственную скорость относительно системы отсчёта.

То есть, из законов классической электродинамики следует, что при силовом взаимодействии магнитное поле единичного электрона, потока электронов в катодной трубке, магнитное поле проводника есть субъекты, неподвижные относительно поверхности земли. Ниже приведём практические подтверждения этому.

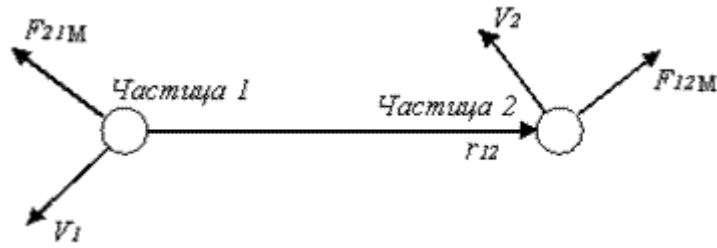
#### 4. Материальная среда – реальный субъект магнитных силовых взаимодействий

Известно, что в электродинамике при силовых магнитных взаимодействиях нарушается третий закон Ньютона. Нарушения закона констатируют, объяснений не дают. Рассмотрим, нарушается ли реально третий закон Ньютона в магнитных силовых взаимодействиях движущихся заряженных частиц и проводников с током.

Напомним: действие **всегда** сопровождается одинаковым по величине и противоположно направленное противодействие. Если допустить возможность нарушения третьего закона Ньютона, то надо признать возможность «безопорных» сил, действие которых не сопровождается силовым взаимодействием с причинами, их вызывающими. Не является ли нарушение одного из основных законов физики следствием того, что МС в законах электродинамики не рассматривают как реальный субъект этих взаимодействий?

Как показано выше, в силовых взаимодействиях магнитное поле есть неподвижный относительно поверхности земли субъект взаимодействий. Однако в этом случае МС должна проявлять себя как реальный промежуточный субъект силового взаимодействия между источником магнитного поля и движущимся зарядом, то есть воспринимать силовое действие движущегося заряда, трансформировать и передавать это действие другому заряду. Так ли это?

Рассмотрим силовое взаимодействие двух движущихся заряженных частиц (рис. 5). Пусть частица 1 имеет заряд  $q_1$ , массу  $m_1$  и движется со скоростью  $V_1$ . Аналогично, частица 2 имеет заряд  $q_2$ , массу  $m_2$  и движется со скоростью  $V_2$ .



**Рис. 5.** Магнитное силовое взаимодействие заряженных частиц

На частицу 2 действует сила Лоренца  $F_{12}$ , создаваемая электрическим и магнитным полем частицы 1:

$$F_{12} = qE_1 + q[VB_1] = F_{12e} + F_{12m},$$

где  $E_1$  и  $B_1$  – напряжённость электрического поля и магнитная индукция, создаваемые частицей 1 в месте нахождения частицы 2. Опустим из рассмотрения электрическую составляющую силового взаимодействия  $F_{12e}$ , т.к. электрические силы центральные, для них всегда выполняется третий закон Ньютона, нас же интересуют причины его нарушения.

Магнитная сила  $F_{12m}$  при квазистатических скоростях вызывает ускорение частицы 2, то есть уравнивается силой инерции  $F_{12N}$  частицы 2 (рис. 6):

$$F_{12m} = -F_{12N} = -ma_2.$$

То есть магнитная сила уравнивается силой инерции, третий закон Ньютона выполняется. Аналогично действует магнитное поле частицы 2 на частицу 1.



**Рис. 6.** То же магнитное взаимодействие, но показаны силы инерции, уравнивающие магнитные силы

Почему не соблюдается этот закон, если мы рассматриваем непосредственное силовое взаимодействие частиц? В силовых взаимодействиях третий закон Ньютона не соблюдается, если взаимодействие между двумя объектами осуществляется не непосредственно, а передаётся через промежуточные субъекты, которые опускаются при рассмотрении. В данном случае мы имеем именно такую ситуацию. Рассмотрим её подробнее.



**Рис. 7.** Статическое равновесие области магнитного взаимодействия частиц 1 и 2

На рис. 7 изображён участок магнитного поля между частицами 1 и 2, а также обозначены магнитные силы, с которыми участок поля действует на движущиеся частицы. Сумма этих сил не равна нулю, поэтому из условий статического равновесия участка поля эти силы должны быть уравновешены компенсирующей силой  $F_K$ , равной по величине сумме этих сил и противоположной по направлению. Эта сила является реакцией МС на то силовое воздействие, которое выполняет магнитное поле. То есть, при передаче силового воздействия от одного субъекта другому МС не просто передаёт это воздействие, а трансформирует его в процессе передачи. Так как магнитное поле является состоянием МС, неподвижной относительно поверхности земли, эта среда испытывает деформирующее воздействие со стороны неуравновешенных сил магнитного поля, то есть сила  $F_K$  является силой, вызванной этой деформацией, опорной силой, вызванной сопротивлением перемещению МС относительно поверхности Земли.

Таким образом, если при анализе силового взаимодействия движущихся частиц мы рассматриваем третий субъект взаимодействия, магнитное поле, как возбуждённое состояние МС, третий закон Ньютона не нарушается.

### **Выводы:**

1. Именно нарушение третьего закона Ньютона при магнитных силовых взаимодействиях доказывает несостоятельность постулата относительности СТО, т.к. этот закон не нарушается, если МС, состоянием которой является магнитное поле, рассматривать как реальный субъект взаимодействий.
2. МС в таких взаимодействиях проявляет себя как субъект, принимающий, трансформирующий и передающий взаимодействия, и опора магнитных сил. Реакция этой опоры уравновешивает магнитные силы.

Теперь подытожим выводы из приведенных аргументов.

1. МС, в которой распространяется ЭМ энергия, реально проявляет себя в магнитных силовых взаимодействиях как материальный субъект, принимающий, трансформирующий и передающий силовые воздействия. Игнорирование этой среды при анализе силовых ЭМ взаимодействий приводит к нарушению фундаментального закона физики: третьего закона Ньютона. Эта среда неподвижна относительно поверхности земли. Движение относительно МС можно определить: при движении относительно МС заряженных частиц возникает магнитное поле.
2. Магнитное поле – это, условно говоря, возбужденное состояние МС. Магнитное поле в МС может смещаться вместе с источником поля, но при силовых взаимодействиях магнитное поле действует как неподвижный участок возбужденной МС.
3. Если в магнитных силовых взаимодействиях нарушается третий закон Ньютона для субъектов этого взаимодействия, участок МС, в котором происходит это взаимодействие, деформируется суммой несбалансированных магнитных сил и уравновешивает их сопротивлением смещению этого участка относительно поверхности Земли.

Приведём экспериментальные подтверждения. Рассмотрим особенности работы униполярного генератора Фарадея. Из работы [9]: «изобретён Фарадеем, был модифицирован Теслой и используется в настоящий момент, когда нужны очень большие токи (миллионы ампер в импульсе) и малое напряжение. Самый мощный генератор тока из известных. Принцип действия неясен. Есть мнение, что он производит энергию из ничего. Может работать и мотором.

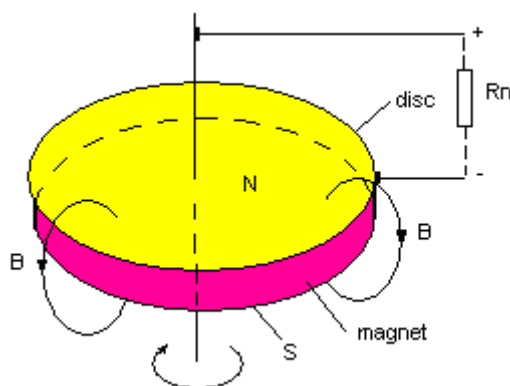
### **Конструкция.**

Состоит из медного диска (желтый цвет) и дискового (цилиндрического) магнита с полюсами, расположенными сверху и снизу. Электродвижущая сила (ЭДС), (снимаемая щетками – одной, соединенной с осью, другой, скользящей по краю диска) наводится в диске между осью и краем диска при следующих условиях:

1. При вращении диска относительно неподвижного магнита.

2. При вращении диска вместе с магнитом (генератор без статора!).

3. И, что очень важно, **не наводится** при вращении магнита относительно неподвижного диска (!)».



**Рис. 8.** Униполярный генератор

Принцип работы генератора соответствует законам классической электродинамики. При вращении медного диска дрейф электронов в нем получает составляющую окружной скорости. В первом варианте генератора линии магнитной индукции создают лоренцеву силу, нормальную вектору скорости электронов, направленному по касательной к окружности, и действующую в радиальном направлении, которая создает ЭДС между центром диска и его краем.

В [14, стр. 446] рассмотрен принцип работы такого генератора с учётом концепций СТО. Автор объясняет его работу возникновением электрического поля во вращающемся магните: «Частично это поле обуславливается перераспределением электронов проводимости в магните под действием лоренцевой силы... Однако основная часть электрического поля, возникающего при движении магнита, имеет чисто релятивистское происхождение и связана с тем... обстоятельством, что, согласно теории относительности, движение намагниченной среды возбуждает электрическое поле. В чистом виде этот эффект проявляется не при вращении магнита, а при равномерном поступательном его движении со скоростью  $u$ , перпендикулярной оси магнита. В этом случае связанная с магнитом система координат  $S'$  будет инерциальной, причём в этой системе координат электрическое поле  $E$  будет, очевидно, равно нулю, если в поле магнита нет других тел, например, скользящего по поверхности магнита внешнего проводника. Применяя к этому случаю релятивистские формулы преобразования поля, нетрудно убедиться, что в «неподвижной» (лабораторной) системе координат  $S$  напряжённость электрического поля (вплоть до величин порядка  $u^2/c^2$ ) будет равна

$$E = E' - \left[ \frac{u}{c} B' \right] = - \left[ \frac{u}{c} B' \right].$$

где  $B'$  – индукция магнитного поля, измеренная в системе  $S'$ . В этом выражении можно с точностью до величин порядка  $u^2/c^2$  заменить  $B'$  значением  $B$  индукции в «неподвижной» системе координат  $S$ :

$$E = - \left[ \frac{u}{c} B \right].$$

Таким образом, возникновение электрического поля при равномерном поступательном движении магнита объясняется тем, что... деление электромагнитного поля на поле электрическое и поле магнитное имеет относительный характер и зависит от системы отсчёта».

Как видим, автор согласен с принципом относительности электрического и магнитного поля СТО. Тем не менее, мы можем проверить, действительно ли «относительно» деление ЭМ поля на электрическое и магнитное. Рассмотрим вариант генератора, в котором вращается маг-

нит, а диск, с которого снимается напряжение, неподвижен. Этот вариант понятен с позиций классической электродинамики – нет направленного движения электронов в неподвижном диске, нет силового действия магнитного поля. А с позиций СТО? Во вращающемся магните в «лабораторной» системе координат  $S$  существует электрическое поле  $E$ , следовательно, щётка на диске должна фиксировать ЭДС, чего нет. Где же «относительность» движения диска и магнита? Почему при вращающемся диске и неподвижном магните ЭДС наводится, а в противоположном варианте не наводится? «Относительно» ли разделение поля на магнитное и электрическое? Адекватны ли преобразования Лоренца ЭМ поля?

Релятивисты, а также некоторые физики, критично настроенные к СТО [13], но признающие справедливость постулата относительности СТО, дают другое объяснение работы униполярного генератора. В [13] приведена модель работы генератора, не противоречащая этому постулату. В этой модели делается упор на влияние магнитного поля проводника, соединяющего ось магнита с нагрузочным сопротивлением, при этом предполагается, что проводник расположен в плоскости вращающегося диска. Явно искусственное требование. А если поместить этот проводник на большом расстоянии от диска, генератор не будет работать? Кстати, авторы дают в той же работе другой вариант объяснения работы генератора исходя из закона Фарадея – закона классической электродинамики, здесь влияние вышеупомянутого проводника уже не рассматривается. Классическая электродинамика, отрицающая постулат относительности, не нуждается в искусственных приёмах для описания реальных электродинамических взаимодействий.

Второй вариант униполярного генератора, у которого диск вращается вместе с магнитом, интересен. Почему производится ЭДС, ведь дрейф электронов на диске имеет ту же окружную скорость, что и у магнитных силовых линий, то есть *нет относительного движения магнитного поля и электронов*. В [10] названа причина: *магнитное поле не вращается вместе с магнитом* и напоминает, что эту гипотезу выдвигал еще Фарадей. Действительно, имеем очевидное подтверждение выводов, полученных в разделе 3: в соответствии с законами классической электродинамики магнитное поле неподвижно относительно поверхности земли.

Теперь рассмотрим работу этого генератора как **электромотора без статора**. Такой мотор легко сделать самому: нужны лишь четыре детали: круглый магнит с полюсами на торцах, круглая батарея на 1.5 в, шуруп и провод. В Интернете можно посмотреть видеозапись работы такого мотора (наберите в Google: You Tube – Homopolar motor demonstration). Я попробовал изготовить такой мотор. Магнит вращается с очень большой скоростью, если взять мощную батарейку.

Какие силы вращают ротор? Статора нет, ротор вращается просто в воздухе.

Вернёмся к [13]. Авторы приводят объяснение работы электромотора с помощью того же проводника, соединяющего полюс батареи с осью мотора. Цитируем объяснение работы электродвигателя с неподвижным магнитом: «Таким образом, от токоподводящего проводника-статора вращающий момент передается на магнит, а от магнита, в свою очередь, вращающий момент передается на диск-ротор, при этом магнит выполняет роль активного передаточного тела, оставаясь все время неподвижным. Суммарный вращающий момент на магните всегда остается равным нулю».

Трудно объяснить роль магнита как «активного передаточного звена» при нулевом вращающем моменте, что-то тут снова не в порядке с третьим законом Ньютона. Ясно, что тому же проводнику авторы отводят роль статора. А если «статор» отодвинуть подальше от диска? В приведенном выше варианте изготовленного мной мотора часть проводника, которая по версии автора должна быть статором, находилась на расстоянии примерно 10 см от поверхности магнита, т.е. он практически не влиял на работу мотора.

Релятивисты приводят иные, более экзотические объяснения работы такого генератора, например, что ротор отталкивается от скользящей по диску щётки, т.е. *статор есть скользящая по диску щётка*.

Не может электромотор работать без статора – это напоминает рассказ барона Мюнхгаузена о том, как он за собственные волосы вытащил себя вместе с конём из болота. Что же является статором в этом моторе?

Имеем ещё одно очевидное подтверждение полученных выше выводов: в магнитных силовых взаимодействиях МС выступает как третий субъект взаимодействия, неподвижный относительно поверхности земли. Вращение магнита возбуждает МС, которая прилегает к нему, то есть вокруг вращающегося магнита возникает неподвижное относительно земли магнитное поле. В результате взаимодействия последнего с электронами, которые движутся через медный диск от щеток к оси диска, возникает сила, перпендикулярная направлению тока.

Странно ли, что возбужденная МС может развить такую силу? Представим себе генератор в миллионы киловатт. Ведь вся энергия, которую он производит, передается через зазор в доли миллиметра между ротором и статором, через «третий субъект» силового взаимодействия – Материальную Среду. Какую фантастическую энергоёмкость имеет эта МС, а мы до сих пор отрицаем её существование.

## 5. Инвариантность электродинамических взаимодействий в постулате относительности Галилея

Рассмотренные в предыдущем разделе особенности магнитных силовых взаимодействий позволяют сделать выводы о том, что магнитное поле является состоянием МС, имеющей собственную скорость относительно объектов взаимодействия. Игнорирование этого обстоятельства в классической электродинамике приводит к нарушению инвариантности электродинамических силовых взаимодействий в относительности Галилея и нарушениям третьего закона Ньютона.

В СТО предполагается, что электродинамические взаимодействия происходят в вакууме, следствием чего является неадекватность преобразований Лоренца ЭМ поля. Инварианты поля в этих преобразованиях не являются необходимыми исходными условиями, в соответствии с которыми получены преобразования, они являются лишь следствием этих преобразований, следствием искусственного введения относительности в СТО. Физического смысла эти инварианты не имеют. Первый инвариант

$$H^2 - E^2 = const.$$

можно интерпретировать так: разность энергии магнитного и электрического поля остаётся постоянной в любой ИС. Почему должна быть неизменной эта разность? Если бы шла речь о сумме энергий, это соответствовало бы закону сохранения энергии, но разность? Второй инвариант

$$HE = const.$$

также не обоснован. Посмотрим, к чему это приводит.

В электродинамике СТО параметры электромагнитного поля определяются на основании двух положений:

- все ИС предполагаются равноправными;
- параметры электрического и магнитного поля зависят от системы отсчёта.

Определим напряжённость и индукцию поля в двух ИС, первая из которых, ИС 0, неподвижна относительно поверхности Земли, вторая, ИС 1, движется относительно первой со скоростью  $v$ . Пусть в ИС 0 движется заряд  $q$  со скоростью  $V$ . В ИС 0 имеем такие значения параметров поля:

$$E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} r; \quad B_0 = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [Vr].$$

Если предположим, что обе ИС равноправны, в ИС 1 получим такие значения параметров поля:

$$E_1 = E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} r; \quad B_1 = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [(V - v)r].$$

А теперь применим второе положение СТО: параметры электрического и магнитного поля зависят от системы отсчёта, то есть определим параметры поля в ИС 1, преобразуя параметры поля в ИС 0 с помощью преобразований Лоренца:

$$E'_1 = E_0 + [vB_0] = E_0 + \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [v[Vr]].$$

$$B'_1 = B_0 - \left[ \frac{v}{c^2} E_0 \right] = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} [(V - v)r].$$

Мы получили для ИС 1 другие значения параметров электрического поля. Не удаётся совместить «равноправность» инерциальных систем с преобразованиями Лоренца. Каковы же реальные значения параметров поля в ИС 1? Однозначного ответа СТО не даёт – это логичный результат применения инвариантов, которые являются следствием преобразований, а не их исходной базой.

Рассмотрим систему инвариантов как необходимые условия, обеспечивающие адекватность преобразований поля в ИС. Ограничимся пока квазистатическими скоростями. При определении электродинамических инвариантов будем рассматривать любую ИС как систему отсчёта, в которой адекватно отражаются электродинамические силовые взаимодействия, то есть, в любой ИС должны сохраняться траектории движения заряженных объектов в ЭМ поле. В постулате относительности Галилея (далее ПОГ) инвариантами являются относительные скорости материальных объектов, силы и ускорения. При выводе электродинамических инвариантов будем исходить из того, что в любой ИС сохраняются величины зарядов, а так же их ускорения и изменения энергии под действием ЭМ поля. Следовательно, должны сохраняться не только силы, действующие на заряды, но и работа, выполняемая ЭМ полем. Вначале будем исходить из предположения, что электродинамические взаимодействия происходят в вакууме, как принято в современной физике.

Рассмотрим работу сил в ЭМ поле. Пусть на движущийся со скоростью  $V$  относительно системы отсчёта заряд  $q$  действует лоренцева сила  $F$ . За время  $dt$  эта сила совершает работу:

$$A = FVdt = (qE + q[VB])Vdt = qEVdt + qB[VV]dt = qEVdt. \quad (5.1)$$

Так как в любой ИС работа должна оставаться неизменной, а работу совершает только электрическое поле, магнитное поле лишь изменяет направление движения заряда, получаем первое условие инвариантности:

$$EV = const. \quad (5.2)$$

Определим условие неизменности электродинамических сил:

$$F = q(E + [VB]) = const; \quad (5.3)$$

$$E + [VB] = const. \quad (5.4)$$

Умножим обе части равенства на  $V$ :

$$EV + [VB]V = const \cdot V;$$

$$EV = const \cdot V.$$

Отсюда следует:

$$E = const.$$

С учётом (5.2) и (5.4) получаем необходимые электродинамические инварианты:

$$E = \text{const}; \text{ (I) } B = \text{const}; \text{ (II) } V = \text{const}; \text{ (III)}.$$

Проанализируем эти инварианты. Предположение, что электродинамические взаимодействия происходят в вакууме, приводит к нарушению инварианта (III), т.к. скорость  $V$  не может быть одинаковой в произвольных системах отсчёта – это скорость заряженного тела относительно произвольной системы отсчёта. Аналогично нарушается инвариант (II), т.к. индукция  $B$  является функцией этой скорости. Следовательно, инварианты электродинамических взаимодействий противоречат предположению, что они происходят в вакууме.

Вернёмся к предположению, что эти взаимодействия происходят в МС, неподвижной относительно Земли. В этом случае выражения (5.1) и (5.3) справедливы лишь в ИС, связанной с поверхностью Земли. Как было показано выше, скорость  $V$  в этой ИС является скоростью относительно МС. Для выполнения условий инвариантности в произвольных ИС необходимо, чтобы в них электродинамические взаимодействия также определялись скоростью зарядов относительно МС. Следовательно, в произвольной ИС скорость  $V$  есть разность скорости заряда и скорости МС, тогда в любой ИС эта скорость сохранится неизменной, останутся неизменными напряжённость и индукция магнитного поля. То есть, необходимые условия инвариантности (I), (II) и (III) соблюдаются лишь при условии, что электродинамические взаимодействия происходят в МС, а не в вакууме.

**Выводы.** Чтобы электродинамические взаимодействия были инвариантными в ПОГ, необходимо рассматривать МС как реальный субъект магнитного взаимодействия, а именно:

- в любой ИС должна быть определена скорость  $v_0$  движения МС относительно этой ИС;
- в любой ИС значение вектора магнитной индукции определяется скоростью заряда относительно МС:

$$B = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^3} [(V - v_0)r].$$

- в любой ИС составляющая силы Лоренца магнитного взаимодействия определяется скоростью заряда относительно МС:

$$F = q(E + [(V - v_0)B]).$$

В наших земных условиях с большой степенью точности можно полагать, что МС неподвижна относительно поверхности Земли. Поэтому ИС 0, привязанная к поверхности Земли, является реально «покоящейся». Если ИС 1 движется со скоростью  $v$  относительно «покоящейся» ИС 0, в ИС 1 МС будет иметь скорость  $(-v)$ .

## 6. Уравнения релятивистской динамики в пространстве Галилея и физике Ньютона

Перейдём от квазистатических взаимодействий к явлениям, связанным с движением зарядов с релятивистскими скоростями. Эту область обычно считают областью, где работает второй постулат СТО – постоянства скорости света. Реально ли описать взаимодействия зарядов, движущихся с околосветовыми скоростями, в физике Ньютона и в пространстве Галилея или это возможно лишь с помощью релятивистской динамики с изменением масштаба времени и пространства? Подойдём к рассмотрению околосветовых взаимодействий с позиций механики Ньютона и ПОГ.

Основным отличием специальной теории относительности (СТО) от механики Ньютона считается то, что СТО учитывает скорость распространения силового взаимодействия в ЭМ полях. Попробуем в механике Ньютона учесть влияние скорости распространения силового взаимодействия (запаздывание потенциалов).



Первую попытку учесть конечную скорость распространения силового взаимодействия в электрических и магнитных полях сделал Гаусс [2]. В 1835 году он получил такое выражение для закона силового взаимодействия электрических зарядов:

$$F = \frac{ee'}{r^2} \left( 1 + \frac{1}{c^2} \left[ u^2 - \frac{3}{2} \left\{ \frac{dr}{dt} \right\}^2 \right] \right),$$

где  $F$  – сила взаимодействия между частицами с электрическими зарядами  $e$  и  $e'$ , которые движутся с относительной скоростью  $u$ ;  $r$  – расстояние между частицами;  $dr/dt$  – скорость изменения расстояния между зарядами,  $c$  – скорость света.

Запишем закон Гаусса в форме

$$F = F_0 \left( 1 + \frac{1}{c^2} \left( u^2 - \frac{3}{2} \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 \right) \right),$$

где  $F_0$  – сила взаимодействия между частицами при  $u = 0$ .

Проанализируем закон. Если вектор относительной скорости  $u$  – разность векторов скоростей обеих частиц, в общем случае закон не дает правильного решения, потому что, когда вектор  $u$  перпендикулярен линии, соединяющей центры частиц, то есть при  $dr/dt = 0$ , имеем:

$$F = F_0 \left( 1 + \frac{u^2}{c^2} \right).$$

То есть сила электрического взаимодействия увеличивается, когда частица движется перпендикулярно линиям электрического поля, что не так. Рассмотрим этот закон для тех же условий, для которых получено уравнение релятивистской динамики: направление вектора электрической силы совпадает с относительной скоростью частицы, то есть  $u = dr/dt$ .

В этом случае

$$F = F_0 \left( 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{u}{c} \right)^2 \right).$$

Сравним с аналогичным выражением релятивистской динамики:

$$F = F_0 \sqrt{1 - \left( \frac{u}{c} \right)^2}.$$

Если релятивистский коэффициент  $\sqrt{1 - (u/c)^2}$  разложить по степеням  $u/c$ , получим

$$F = F_0 \left( 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{u}{c} \right)^2 - \frac{1}{8} \left( \frac{u}{c} \right)^4 - \dots \right).$$

То есть коэффициент уменьшения эффективности действия электрической силы со скоростью в законе Гаусса с точностью до двух первых членов является разложением по степеням коэффициента  $\sqrt{1 - (u/c)^2}$ . Гаусс еще в 1835 году был недалек от открытия уравнений динамики движения частиц в электрическом поле с релятивистскими скоростями. Свой закон Гаусс выводил из законов механики Ньютона, учитывая «запаздывание потенциалов», то есть конечную скорость распространения силового взаимодействия в электрическом поле.

Определим в физике Ньютона выражение для силового действия электрического поля на электрический заряд, который движется в нем, основываясь на учёте потерь энергии силового действия поля на заряженную частицу вследствие движения частицы относительно этого поля.

Предварительно рассмотрим силовое воздействие ЭМ поля на неподвижный объект – хорошо изученный эффект светового давления. Как известно, энергия фотона  $W_\phi$  равна

$$w_\phi = p_\phi c,$$

где  $p_\phi$  – импульс фотона.

Импульс фотона – это импульс движения фотона со скоростью  $c$ , то есть величина этого импульса пропорциональна скорости  $c$ :

$$p_\phi = m_\phi c.$$

В последнем выражении  $m_\phi$  – это величина, имеющая размерность массы, ее называют массой движения фотона. Эта величина определяет и энергию фотона

$$w_\phi = m_\phi c^2.$$

То есть масса движения фотона имеет те же механические характеристики энергии – импульс и кинетическую энергию, что и обычная масса.

Энергия световых лучей оказывает механическое силовое действие на твёрдые тела – световое давление. При определении величины светового давления на поглощающую поверхность применяется модель неупругого удара: фотон передаёт свою кинетическую энергию неподвижной поверхности. Следовательно, давление света  $P$  равняется импульсу, который передают единице поверхности за одну сек.  $n$  попавших на неё за это время фотонов:

$$P = np_\phi = nm_\phi c.$$

Рассмотрим случай, когда поверхность, на которую попадает свет, удаляется от источника света и вектор скорости  $V$  этой поверхности имеет то же направление, что и радиус-вектор, соединяющий источник света с этой поверхностью. Фотон при поглощении движущейся поверхностью уменьшает свою скорость до скорости  $V$  этой поверхности, при этом, в соответствии с моделью неупругого удара, он передает ей лишь часть своей энергии  $w_{\phi V}$ , которая равняется разности его энергии до поглощения –  $m_\phi c^2$  и энергии после поглощения  $-m_\phi V^2$ .

$$w_{\phi V} = m_\phi (c^2 - V^2); \quad (6.1)$$

или

$$w_{\phi V} = m_\phi c^2 (1 - V^2/c^2).$$

То есть движущаяся удаляющаяся поверхность за промежуток времени  $\Delta t$  получит соответственно уменьшенную кинетическую энергию

$$w_V = w (1 - V^2/c^2). \quad (6.2)$$

Определим, как изменится величина светового давления при таком изменении энергии. Изменение кинетической энергии равно работе силы  $F$  ЭМ поля за промежуток времени  $\Delta t$ :

$$\Delta w = F V \Delta t.$$

Учитывая, что

$$F \Delta t = \Delta p,$$

где  $p = mV$  – импульс силы, а  $V = p/m$ , получаем выражение энергии через массу и импульс:

$$\Delta w = \frac{p}{m} \Delta p.$$

Осуществим предельный переход:

$$dw = \frac{p}{m} dp = \frac{1}{2m} d(p)^2.$$

Если движущаяся поверхность получит уменьшенную часть энергии поля  $dw_v$ , этой энергии будет соответствовать уменьшенный импульс силы  $p_v = kp$ .

Определим значение коэффициента  $k$ .

$$dw_v = \frac{1}{2m} d(kp)^2.$$

Учитывая (6.2), получаем

$$(1 - V^2/c^2)dw = \frac{k^2}{2m} d(p^2).$$

Из последнего уравнения следует:

$$k = \sqrt{1 - V^2/c^2}.$$

То есть:

$$p_v = p\sqrt{1 - V^2/c^2}.$$

Соответственно сила, с которой фотон действует на движущуюся поверхность, равна

$$F_v = \frac{dp_v}{dt} = \frac{d}{dt} \left( mV\sqrt{1 - V^2/c^2} \right).$$

Последнее выражение показывает, как уменьшается эффективность силового действия ЭМ поля в случае, если поглощающая поверхность, на которую воздействует это поле, удаляется от этого поля со скоростью  $V$ .

Рассмотрим действие электрического поля на движущуюся заряженную частицу. Казалось бы, электрическое поле стационарного источника – потенциальное стационарное поле в отличие от динамического ЭМ поля. Но вспомним начало прошлого столетия, когда радиосвязи не было, а информацию по миру передавали телеграфом по электрическим кабелям, которые были проложены даже по дну океанов. Носителем информации было электрическое поле, изменение этого поля передавалось по кабелю со скоростью  $c$ .

При движении частицы в электрическом поле силовое взаимодействие возникает вследствие деформации этого поля собственным полем частицы, то есть движение заряженной частицы сопровождается перемещением деформации – изменения этого поля. Как известно, силовое взаимодействие распространяется со скоростью света, следовательно, если бы частица двигалась со скоростью  $c$ , сила не действовала бы на частицу. Если же частица движется с меньшей скоростью, поле оказывает на неё силовое воздействие с эффективностью, которая зависит от скорости движения деформации поля.

Электрическое поле является составляющей ЭМ поля, объемная энергия электрического поля  $w_e$  определяется так же, как и энергия ЭМ поля  $w_{em}$ . Сравним:

$$w_{em} = \varepsilon_0 E^2 \Delta v = \mu_0 H^2 \Delta v, \text{ и } w_e = \left( \varepsilon_0 E^2 / 2 \right) \Delta v,$$

где  $\Delta v$  – объём поля.

Так как взаимодействие распространяется в электрическом поле со скоростью  $c$ , естественно предположить, что энергия электрического поля, как и энергия ЭМ поля, также пропорциональна квадрату скорости света, а импульс этого поля пропорционален  $c$ . Перепишем последнее выражение в таком виде:

$$w_e = \frac{q^2 \Delta v}{16\pi^2 \varepsilon_0^2 r^4} = \frac{q^2 \mu_0 \Delta v}{16\pi^2 r^4 \varepsilon_0} c^2,$$

или

$$w_e = m_e c^2,$$

где  $m_e = \frac{q^2 \mu_0}{16\pi^2 r^4 \epsilon_0} \Delta v$  – условная (энергетическая) масса электрического поля.

Импульс электрического поля  $p_e$  равен

$$p_e = m_e c.$$

Теперь определим, как действует электрическое поле на движущуюся заряженную частицу. Если эта частица движется в электрическом поле со скоростью  $V$ , на неё будет действовать уменьшенный импульс электрического поля  $p_{eV}$ . В качестве модели силового действия поля на частицу используем ту же модель неупругого удара. В нашем случае при силовом взаимодействии поля и заряженной частицы условная масса электрического поля  $m_e$  действует на частицу, движущуюся со скоростью  $V$  относительно поля. При этом она передает ей лишь часть своей энергии, которая равняется разнице её энергии до воздействия  $m_e c^2$  и энергии после воздействия  $m_e V^2$ . Аналогичную модель силового взаимодействия использовал в своей баллистической теории Вальтер Ритц [3]. Согласно этой теории каждая заряженная частица создает электрическое поле, излучая поток реонов – бесконечно малых виртуальных частиц, движущихся со скоростью света, которые передают энергию электрического поля. «Реон массой  $m$ , который попал в электрон массой  $M$ , поглощается им и передает ему свой импульс» [3]. Ритц допускал, что после удара реон движется вместе с электроном, то есть передает ему свою кинетическую энергию, что соответствует модели неупругого удара. Однако, если в баллистической модели принимается, что виртуальная частица реон имеет реальную, то есть материальную массу, то мы будем считать, что условная масса электрического поля  $m_e$  не является реальной массой, а условной характеристикой его энергии. Здесь уместно привести цитату из докторской диссертации «Уравнения движения энергии в телах», 1874 г. русского физика Н.А. Умова: «...энергия эквивалентна массе, как теплота, так и механическая энергия, и коэффициент пропорциональности представляется квадратом скорости света». Будем считать, что при действии на заряженную частицу поле не увеличивает её массу, а лишь увеличивает энергию. При действии на движущуюся частицу поле передаёт ей лишь часть энергии  $w_{eV}$

$$w_{eV} = m_e (c^2 - V^2); \quad (6.3)$$

где  $m_e c^2$  – энергия участка поля до столкновения с частицей;  $m_e V^2$  – энергия участка поля после столкновения с частицей.

$$w_{ev} = m_e c^2 (1 - V^2/c^2). \quad (6.4)$$

Как и в рассмотренном выше случае, такому уменьшению энергии будет соответствовать уменьшенный импульс силового действия поля:

$$p_{eV} = p_e \sqrt{1 - V^2/c^2}.$$

То есть,

$$p_e = \frac{p_{eV}}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}.$$

Соответственно сила электрического поля, действующая на движущуюся заряженную частицу равна

$$F_e = \frac{dp_e}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{mV}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} \right). \quad (6.5)$$

Мы получили уравнение релятивистской динамики в физике Ньютона.

Для силы, направление которой совпадает с вектором скорости частицы – продольной силы, получаем то же ускорение, что и в СТО:

$$a = F_e/m = \frac{d}{dt} \left( \frac{V}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \right) = \frac{a_0}{\sqrt{(1-V^2/c^2)^3}},$$

где  $a_0$  – ускорение частицы при  $V = 0$ .

Сила магнитного поля (поперечная сила) действует на движущуюся заряженную частицу также в соответствии с выражением (6.5). Определим ускорение частицы под действием магнитного поля. Учитывая, что для поперечной силы  $dV/dt = 0$ , получаем для магнитного поля то же выражение, что и в СТО:

$$a = F_e/m = \frac{d}{dt} \left( \frac{V}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \right) = \frac{a_0}{\sqrt{(1-V^2/c^2)}}.$$

**Выводы.** Нелинейное уменьшение эффективности действия электромагнитного поля при релятивистских скоростях является следствием конечной скорости распространения силового взаимодействия, оно естественно описывается законами механики Ньютона. Ни об изменении скорости течения времени, ни об изменении пространственных масштабов речь не идет.

Уравнения релятивистской динамики являются выражением закона силового действия электромагнитного поля на заряженные тела в Галилеевом пространстве и в механике Ньютона.

## 7. Заключение

Пожалуй, наибольшей интригой физики в начале XX столетия было введение в электродинамику постулатов относительности и инвариантности скорости света СТО. Ведь причины, по которым электроны в электрическом поле не разгонялись больше скорости света, были просты и практически очевидны. То же можно сказать и о неинвариантности электродинамических взаимодействий. Эта неинвариантность явно противоречила попыткам построения физики электродинамических взаимодействий без учёта реальной МС, в которой эти взаимодействия происходили. Об этом свидетельствуют многочисленные нестрогости и противоречия электродинамики СТО реальным физическим процессам.

Введение МС в электродинамику как субъекта электродинамических взаимодействий возвращает физический смысл её законам и существенно упрощает математический аппарат, т.к. отпадает необходимость оперирования 4-мерными физическими величинами.

Но это, пожалуй, не главное. МС имеет огромную энергоёмкость, которая должна быть изучена как возможный альтернативный источник энергии. МС в магнитных взаимодействиях выступает трансформатором силовых взаимодействий и опорой магнитных сил, что, вероятно, даст возможность создавать движители, опорой в которых будет выступать МС.

## Литература

1. Эйнштейн А. «К электродинамике движущихся тел», Собрание научных трудов. Работы по теории относительности. 1905...1920 г.г. М.: Наука, 1965 г.
2. Роузвер Н.Т. Перигелий Меркурия от Лаверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985.
3. Ритц В. Критический анализ общей электродинамики. *Anales de Chimie et de Physique*, Vol. 13, p. 145, 1908.
4. Носков Н.К. [Явление запаздывания потенциала](#). *НиТ*, 2001.
5. Бом Д. Специальная теория относительности. М.: Мир, 1967.

6. Детлаф А., Яворский Б., Курс физики. М.: Academia, 2003.
7. Воловик П. Фізика для університетів. Київ: Перун, 2005.
8. Логунов А.А. Новые представления о пространстве, времени и гравитации. М.Е. «Наука и человечество», 1988.
9. Ивченков Г. [Специфика силового и индукционного взаимодействия постоянных магнитов с проводниками, токами и зарядами.](#)
10. Рыков А.В. [Пустота или физическая среда.](#) НиТ, 2001.
11. Кулигин В.А., Кулигина Г.А., Корнева М.В. [От явлений к сущности теории Эйнштейна.](#) НиТ, 2004.
12. Тимофеев Е. Некоторые фундаментальные проблемы современной физики. Ч.2. 1998.
13. Корнева М.В., Кулигин В.А., Кулигина Г.А. [Анализ классической электродинамики и теории относительности.](#) НиТ, 2008.
14. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989.
15. Петущак В.Д. [Релятивистская динамика и физика Ньютона. Эфир и классическая электродинамика.](#) НиТ, 2008.

**Дата публикации:**

26 августа 2009 года

**Электронная версия:**

© «Наука и техника», n-t.ru