

# Фарадеева ЭДС как следствие тангенциального ускорения зарядов

Геннадий Ивченко  
(kashey@kwic.com)

Предложена гипотеза, предполагающая что ускорение зарядов, направленное вдоль вектора скорости зарядов, является причиной возникновения вторичного электрического поля (фарадеевой ЭДС), работающего как инерция при разгоне зарядов. Эта гипотеза основана на достоверных экспериментальных данных, таких, как известный факт излучения электромагнитной волны ускоренными зарядами. Рассмотрены примеры применения данной гипотезы в различных случаях наведения фарадеевой ЭДС, а также, примеры ее отсутствия в некоторых случаях даже при наличии ускорения зарядов. Кроме того, в продолжение и развитие работ (1), (2), (3) высказано предположение, что электростатическое, магнитное и вторичное электрическое (фарадеево) поля являются деформациями некой среды – одной из составляющих эфира, ее «тонкой составляющей» или «темной энергии», причем вторичное электрическое поле, вызванное ускорением зарядов, не отличается от электростатического (тот же вид деформации) за исключением направленности. В данной статье изложены как известные факты, так и предположения автора, основанные на практике и экспериментах. В конце статьи приведены результаты экспериментов по связи фарадеевой индукции с силой Лоренца.

## 1. Введение

Материал, изложенные в данной статье является продолжением и развитием материала предыдущих статей (1), (2) и (3). На основании изложенного в них материала можно предложить гипотезу о том, что электрическое и магнитное поля являются деформациями (реверсивными) некой среды – одной из составляющих эфира (1). При этом неподвижный относительно среды заряд наводит 3-х мерное электрическое поле, а движущийся относительно среды заряд – цилиндрически-симметричное магнитное поле. А ускорение заряда, направленное вдоль вектора скорости, наводит электрическое поле, вектор напряженности  $\mathbf{E}$  которого направлен вдоль вектора скорости заряда и противоположен ему по направлению

(принцип Ленца), что вызовет появление фарадеевой ЭДС, вихревой в случае кольцевого контура и вызывает излучение электромагнитной волны (4). Предметом данной статьи является рассмотрение вопроса о наведении вторичного электрического (фарадеева) поля ускоренными зарядами.

## 2. Кратко о составляющих эфира

Хотя исследование и практическое использование электромагнетизма насчитывает более 200 лет, но даже сейчас в электромагнетизме остаются много вопросов и нерешенных парадоксов, что, в частности, связано с отсутствием знаний о среде - источнике электромагнетизма (ее раньше называли эфиром). Понимание физической сущности этой среды (электромагнитного эфира), которая ответственна за все электромагнитные взаимодействия, является принципиально важным как в теоретическом, так и практическом плане. Подробно этот материал изложен в (1), (3), (11). Согласно ему эфир (он же «физический вакуум») состоит из, как минимум, двух субстанций:

- первой, которую можно назвать “тонкой составляющей эфира” («тонкой» потому, что ее дискрет, если он есть, намного меньше размера частиц) или “темной энергией”, деформациями которой являются электрическое и магнитное поля и которая, таким образом, ответственна за все (кроме гравитационного) энергетические взаимодействия на макроуровне и принимает непосредственное участие в процессах на микроуровне,
- второй – “светоносной составляющей эфира” (она же возможно является основной частью «темной материи»), которой, по видимому, являются аннигилировавшие электрон-позитронные пары, поляризующиеся при наложении электрического поля и ретранслирующие электромагнитную волну.

«Тонкая составляющая эфира» (далее упоминается как «среда»), по видимому, является всепроникающей в своей сфере влияния и неподвижной в некой системе координат связанной с центрами гравитации (это единственная связь гравитации с электромагнетизмом, которая возможно просматривается сейчас) (1). Какова ее динамика и имеет ли она инерционную и гравитационную массу, к сожалению, неизвестно.

Соответственно, все динамические эффекты в электромагнетизме связаны с относительным движением заряд – среда и абсолютным ускорением заряда. Темой данной статьи является анализ взаимодействия движущихся с ускорением зарядов с упомянутой «средой».

## 3. Три вида деформации

Основываясь на материале, изложенном в статьях (1), (3), (11) можно предположить, что существуют три вида деформации «тонкой составляющей»:

- Первая – статическое электрическое поле, вызванное неподвижным ОТНОСИТЕЛЬНО среды («тонкой составляющей эфира») зарядом. Поле 3-х мерное, вектор  $\mathbf{E}$  радиален к заряду. Таким образом, поле  $\mathbf{E}$  является

статической деформацией этой среды и в системе координат заряда неподвижно, то есть не вращается вместе с зарядом и не передает крутящий момент другим зарядам. При этом вращающийся заряд (распределенный в некоем объеме или по поверхности, не точечный) создает магнитное поле и магнитный момент (см. ниже).

- Второе – магнитное поле – динамическая деформация среды, вызванная ДВИЖЕНИЕМ заряда ОТНОСИТЕЛЬНО среды, нечто вроде ударной волны в среде. Поле имеет цилиндрическую симметрию с осью, совпадающей с вектором скорости заряда  $\mathbf{V}$ . Конфигурация магнитного поля движущегося заряда представляет собой тор с нулем в месте расположения заряда.

**Магнитное поле движущегося заряда на свой заряд не действует.**

Индукция поля  $\mathbf{B}$  пропорциональна скорости. Эта энергия реверсивна и отдается средой при остановке заряда. КПД этого процесса равен 1. Магнитное поле (деформация среды) является как бы хранителем динамической энергии заряда.

- Третье – вторичное электрическое поле (фарадеево), это искажение среды, вызванное УСКОРЕНИЕМ заряда. Оно абсолютно (так как абсолютно любое ускорение) и не зависит от начальной скорости заряда. Это поле по действию аналогично инерции массивного тела при ускорении (что близко к идеям, изложенным в книге Лоренца «Теория электрона»(9)), где в данном случае массой является заряд. В отличие от Лоренца (9), автор данной статьи считает, что электрон и любая заряженная частица имеет как бы две массы – реальную, вызывающую гравитацию и инерцию и фиктивную электрическую, а именно заряд, который гравитации не вызывает (что подтверждается экспериментами), но при его ускорении вызывает противодействие (принцип Ленца) – что-то наподобие инерции. Кроме того, можно предположить, что вторичное электрическое поле по природе не отличается от электростатического (та же деформация), но принципиально отличается ориентацией поля. Таким образом, при их общей схожести, инерция массы и заряда различаются принципиально. Электродинамическая инерция заряда (не путать с механической) вызывается фарадевым полем  $\mathbf{E}$  ускоренного заряда которое **действует и на свой заряд**, а также и на соседние заряды. Фарадеево поле  $\mathbf{E}$ , вызванное ускорением заряда, не является 3-х мерным (как у неподвижного заряда), а его вектор  $\mathbf{E}$  направлен вдоль вектора ускорения и противоположен ему по направлению по принципу Ленца, на подобие того, как сила инерции действует при разгоне массы. Напряженность вторичного поля  $\mathbf{E}$  в точке нахождения заряда пропорциональна заряду и ускорению заряда  $\mathbf{a}$ :  $E \propto \mu_0 q a$  [1],

где  $q$  – заряд,  $\mathbf{a}$  – ускорение заряда. При ускорении заряда он, опять же, как бы дополнительно «заряжает» среду магнитным полем, то есть производит работу, а при торможении – среда отдает эту энергию. В то же время, не все ускорения заряда вызывают усиление (ослабление) магнитного поля и, соответственно, появление вторичного электрического поля (и ЭДС в расположенных рядом проводниках). **Обязательным условием появления фарадеевой индукции и излучения является направленность вектора ускорения заряда (или его проекции) вдоль вектора скорости заряда.**

**При этом это ускорение должно менять скорость заряда и менять энергию магнитного поля.** Если же ускорение направлено перпендикулярно пути заряда (например, центростремительное ускорение), то такое ускорение не увеличивает скорость заряда, не усиливает (и не ослабляет) магнитное поле и, соответственно, не производит работу. Таким случаем, например, является кольцевой проводник (соленоид) с текущим в нем постоянным током. То есть, модуль вектора  $\mathbf{E}$  пропорционален скалярному произведению ускорения  $\mathbf{a}$  на единичный вектор скорости движения заряда  $\mathbf{v}$   $E \propto (\vec{a}\vec{v})$ , а сам вектор  $\mathbf{E}$  направлен вдоль вектора  $\mathbf{V}$  в противоположном направлении. С учетом сказанного, выражение для напряженности вторичного электрического поля в точке нахождения заряда принимает вид: 
$$\vec{E} = -\mu_0 q \frac{\vec{V}}{V^2} (\vec{a}\vec{V}) \quad [2].$$

В случае кольцевого контура с переменным током, ускорение зарядов  $\mathbf{a}$  направлено вдоль проводника (и совпадает по направлению с вектором скорости зарядов  $\mathbf{V}$ ) что, соответственно, вызывает появление вторичного электрического поля, результатом чего является фарадеева индукция. **Так как ускорение не может продолжаться бесконечно, то вторичное электрическое поле  $\mathbf{E}$  может быть только переменным (в отличие от лоренцевой ЭДС).** Появление вторичного электрического поля вызывает токи смещения в вакууме и, как следствие, электромагнитную волну. Обычно в литературе перескакивают одну ступень, а, именно, появление вторичного электрического поля и сразу заявляют, что ускоренный заряд вызывает электромагнитную волну. А мощность излучения ускоренного заряда, определяют по формуле Лармора (4):  $P = \frac{e^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$ , где  $e$  – заряд,  $a$  – ускорение,  $c$  – скорость света.

- Таким образом можно предположить, что существуют всего ДВЕ деформации среды - электрическая и магнитная, так как, по видимому, вторичное электрическое поле по своей природе не отличается от электростатического (та же деформация), но принципиально отличается от него механизмом наведения и ориентацией поля.

#### 4. Магнитная индукция и фарадеева ЭДС

Можно выразить ток, магнитную индукцию и фарадееву ЭДС через скорость и ускорение зарядов в контуре (например, в кольцевом).

Выражение для плотности зарядов в проводнике имеет вид:

$$\rho_q = \frac{Q_\Sigma}{W} \quad [3],$$

где  $Q_\Sigma$  - суммарный подвижный заряд в проводнике,  $W = 2\pi R S_c$  – объем проводника (для кругового витка),  $S_c$  - площадь сечения проводника.

Для тока выражение будет иметь вид:

$$I = \frac{dq}{dt} = \rho_q S_c V_q \quad [4],$$

где  $V_q$  - скорость движения зарядов.

$$\text{Тогда для кругового контура } I = \frac{1}{2\pi R} Q_\Sigma V_q \quad [5],$$

где  $R$  – радиус контура.

Выражение для магнитной индукции (в центре контура) будет иметь вид:

$$B_c = \mu_0 \frac{I}{2R} = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{4S} V_q \quad [6],$$

где  $S = \pi R^2$  - площадь витка.

Выражение для магнитного потока будет иметь вид (считая в первом приближении, что  $B$  в контуре однородно и равно  $B$  в центре витка):

$$\Phi = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{4} V_q \quad [7],$$

Тогда выражение для фарадеевой индукции будет:

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{4} a_q \quad [8],$$

где  $a_q$  - ускорение зарядов.

При этом, как было отмечено выше, фарадеева ЭДС **появляется только в случае ускорения зарядов, направленного вдоль вектора скорости** (или проекции

ускорения) и формула [8] имеет вид:  $U = -\frac{d\Phi}{dt} = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{4} a_q = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{4} a_q \cos(\vec{a}, \vec{V})$ , где

$a_q \cos(\vec{a}, \vec{V})$  - проекция ускорения заряда на направление вектора скорости заряда.

Таким образом выражения для  $I$ ,  $B$ ,  $\Phi$  выражаются через  $Q_\Sigma$  - суммарный подвижный заряд в проводнике и скорость зарядов  $V$ , а фарадеева ЭДС  $U$  через  $Q_\Sigma$  и ускорение зарядов  $a$ . Формула [8] справедлива и в случае жидкости и плазмы. Получается, что формула Фарадея является следствием формулы [2]. Кроме того известно, что формула Фарадея не применима для нахождения ЭДС в разомкнутом проводнике и в части контура. Более того, фарадеева формула использует очевидную физическую фикцию под названием «магнитный поток» (необходимо не забывать, что «магнитного потока» не существует (2) и ничего там не «течет»!). Понятия «магнитный поток», «магнитные силовые линии», «магнитные полюса», вектор  $B$  и их «физические сущности» подробно описаны в (2) и нет смысла в данной статье повторять доказательства их фиктивности.

Следовательно, ток – движение зарядов в проводнике со скоростью  $V$ , вызывает магнитное поле (что известно и не вызывает сомнений), в то время как фарадеева ЭДС – это следствие УСКОРЕНИЯ зарядов.

#### 4.1 «Сторонние силы» в электродинамике

Насчет так называемых «сторонних сил». В данном случае «сторонними силами» можно назвать силы, механически воздействующие на носители зарядов, вызывая их движение или ускорение и, соответственно, электродинамические эффекты. Дело в том, что электроны (и другие носители заряда) являются

материальными телами. Зарядов без носителя не бывает. И если их механически направить двигаться по какой-нибудь траектории, то движение зарядов, скрепленных с носителями, вызовет ток и магнитное поле (при постоянной скорости), а при разгоне - фарадееву индукцию. Но тут появляется проблема - "шутка дьявола", затрудняющая анализ и смешивающая механическое воздействие на носители с электродинамическим. Например, лоренцева индукция вызвана перемещением **зарядов** (не путать с носителями) под действием электродинамической силы Лоренца, к механике отношения не имеющей (в формулы электродинамики масса носителя не входит). **А заряды тянут за собой носители.** Но того же эффекта можно добиться с быстровращающимся проводящим диском (правда, намного хуже). Там под действием центробежного ускорения (как в центрифуге) электроны сдвигаются к периферии (кристаллическая решетка остается на месте) и появляется разность потенциалов. **Тут уже носители тянут заряды.** Также, если ударить по бруску металла, то за счет инерции электроны остаются на месте, а решетка движется и появляется импульс ЭДС (фарадеевой). ЭДС в этих случаях очень небольшие, но они есть (экспериментально проверено).

Также можно механически создать ускорение (например, тангенциальное ускорение при разгоне маховика) и оно передастся зарядам и возникнет фарадеева ЭДС. В частности, фарадеева ЭДС может возникнуть при движении заряженных частиц под действием гравитации и т.п.

Вообщем, так как носители физически связаны с телами, то, хотя в уравнения электродинамики масса тела не входит, но получается, что электродинамика косвенно связана с механикой, что часто запутывает анализ. Кстати, электродинамика (лоренцевы силы в электромоторах) производят работу только потому, что заряды механически скреплены с носителями.

## **5. Фарадеева индукция кольцевого проводника с переменным током**

Схема наведения вторичной ЭДС в кольцевом контуре с током приведена на рис.1.

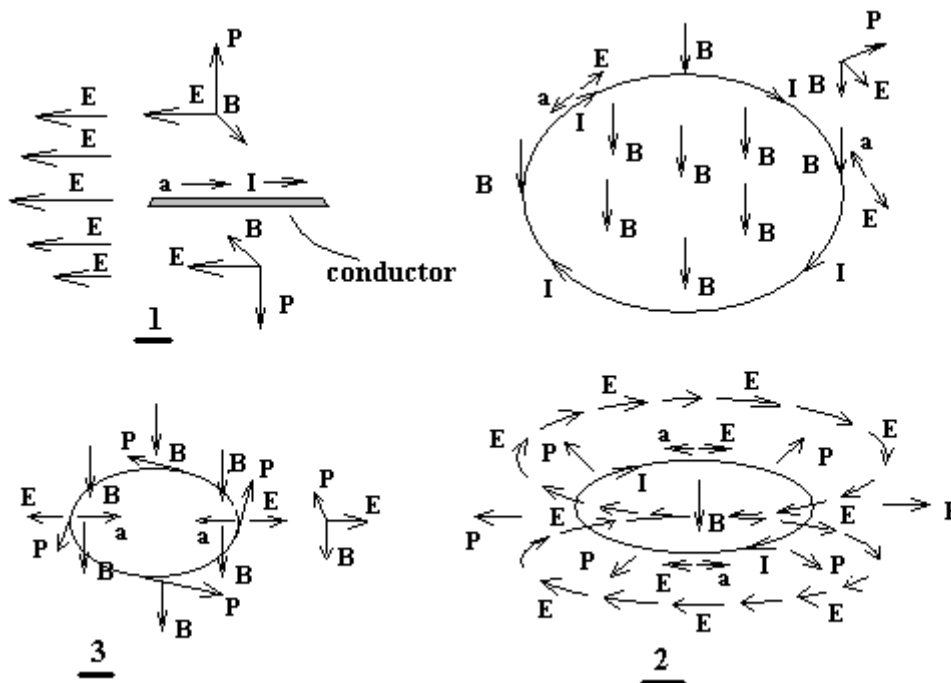


Рис. 1

Тангенциальное ускорение  $\mathbf{a}$  (или торможение) электронов в элементе проводника (см. рис. 1.1) вызывает появление вторичного электрического поля, векторы  $\mathbf{E}$  которого направлены по касательной к проводнику и в направлении, противоположном вектору ускорения (торможения) зарядов  $\mathbf{a}$ . Соответственно, излучается электромагнитная волна, с компонентами  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$ , распространяющаяся в направлении вектора Пойнтинга  $\mathbf{P}$  и, соответственно, излучение направлено радиально от проводника (см. рис.1.1). Так работают monopольные и дипольные передающие антенны. Тут, вообще-то, нужно иметь в виду, что в непосредственной близости от проводника (ближней зоне), векторы  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$  находятся в противофазе (что соответствует принципу сохранения энергии) и только в дальней зоне они становятся в фазе (“перехватываются” диэлектрической составляющей эфира) (4), (11). Так что вектор  $\mathbf{P}$  на рис. 1 приведен иллюстративно.

Ускорение (или торможение) электронов в кольцевом проводнике (см. рис. 1. 2) вызывает появление вторичного электрического поля, вектора  $\mathbf{E}$  которого направлены по касательной к проводнику и в направлении, противоположном вектору ускорения (торможения) зарядов  $\mathbf{a}$  (принцип Ленца). Таким образом, в пространстве рядом с контуром появляется вихревое электрическое поле, в частности, наводящее в металлических предметах токи Фуко. Вихревое поле  $\mathbf{E}$  также вызывает излучение электромагнитной волны, в частности, рамочной антенной. То есть, так как в кольцевом контуре вектор вторичного электрического поля  $\mathbf{E}$  направлен по касательной к окружности контура, то он, совместно с вектором магнитного поля  $\mathbf{B}$ , образованным током в контуре, вызывает излучение электромагнитной волны, направленной **радиально от контура** (рис. 1.3.) и поляризованной в плоскости контура. Таким образом формируется диаграмма

направленности рамочной антенны в виде тора с минимумом в направлении оси рамки.

**И, как было упомянуто выше, принципиально то, что фарадеева ЭДС появляется только в случае ускорения зарядов, направленного вдоль вектора скорости (или проекции ускорения на скорость заряда). При этом энергия поля зарядов (магнитного поля) должна или увеличиваться или уменьшаться. Если она не меняется, то фарадеевой ЭДС нет.** Катушка с постоянным током фарадееву ЭДС не создает и излучения не вызывает, хотя на заряды действует центробежное ускорение. То есть, **центростремительное и центробежное ускорения, направленные по нормали к вектору скорости зарядов, ЭДС не создают. Это, опять же, важный момент**, который не учитывается до сих пор (см. раздел 8 данной статьи). В частности, Резерфорд, открывший вращение электронов вокруг атома, не мог решить парадокс, связанный с тем, что, согласно тогдашней электродинамике, электроны под действием центробежного ускорения должны были излучать (на них же действует ускорение!), терять энергию и затем упасть на атом. А это не происходит.

Ускорение (и торможение) электронов в проводнике также возникает при переходном (нестационарном) режиме, например, при протекании переменного тока. Таким образом, в данном кольцевом контуре и в контурах, расположенных рядом с ним, вихревое поле наводит вторичную (фарадееву) ЭДС, которая сдвинута по фазе на 180 градусов относительно внешней ЭДС, приложенной к первому контуру (и, соответственно, относительно направления тока в проводнике). Это является физической основой принципа Ленца. Кроме того, кольцевые токи Фуко появляются как следствие фарадеевой индукции для **кольцевого** проводника. Для линейного проводника с переменным током, ток Фуко – линейный, но только на небольшом квазилинейном участке. В “дальней зоне” он все равно каким-либо образом замкнут – формулы фарадеевой индукции работают только для замкнутых контуров. Вторичное вихревое электрическое поле очень широко используется на практике и является основой современной электро- и радиотехники (трансформаторы, электромашин и т.д.).

## 6. Случаи отсутствия фарадеевой индукции

В то же время известны случаи, когда движущиеся (даже с ускорением) заряды не наводят вторичной ЭДС и не излучают.

Например, известно, что движущийся с постоянной скоростью заряд не создает вторичное электрическое поле и не излучает несмотря на то, что локальное магнитное поле в точке  $X, Y, Z$  пространства меняется по мере пролета заряда. Это, в принципе, противоречит формуле Фарадея, согласно которой любое изменение магнитного поля в пространстве вызывает появление вторичного электрического поля. Но общее магнитное поле в пространстве (не локальное) не меняется и если найти некий фиктивный контур с бесконечными границами, то суммарный «магнитный поток» в нем тоже не изменится, что, опять же удовлетворит формуле Фарадея (фиктивность такого подхода очевидна). Но этот парадокс легко объясняется в рамках принципа, приведенного в данной статье, согласно которому



**только тангенциальное ускорение заряда вызывает появление вторичного электрического поля.**

Кроме того, как было отмечено выше, кольцевой контур (катушка, соленоид) с постоянным током не наводит вторичную ЭДС и не излучает, несмотря на формальное наличие радиального (центростремительного) ускорения зарядов, поворачивающих их траекторию по кругу. Получается что вторичное электрическое поле, вызванное таким движением, отсутствует, несмотря на то, что заряды в проводнике должны испытывать ускорение, направленное к центру контура. Это находится в согласии с вышеприведенным принципом, при котором **вторичная ЭДС появляется только в случае, когда проекция вектора ускорения  $\mathbf{a}$  на вектор скорости зарядов  $\mathbf{V}$  или на вектор  $\vec{l}$  (где  $\vec{l}$  - вектор, совпадающий по направлению с элементарным отрезком проводника, в котором к зарядам приложено ускорение  $\mathbf{a}$ ), не равна нулю**, то есть скалярное произведение векторов  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{V}$  или векторов  $\mathbf{a}$  и  $\vec{l}$  (вектор  $\mathbf{V}$  в проводнике совпадает по направлению с вектором  $\vec{l}$ ) не равно нулю  $\vec{a}\vec{V} \neq 0$ , или  $\vec{a}\vec{l} \neq 0$ . Очевидно, что в случае кольцевого контура ускорение направлено по нормали к проводнику и, соответственно,  $\vec{a}\vec{l} = 0$  и  $\vec{a}\vec{V} = 0$ . Надо отметить, что данный случай аналогичен ускорению материального тела при вращательном движении, при котором центростремительное ускорение не совершает работы, так как оно перпендикулярно пути и мгновенной скорости. Таким образом, заряд, движущийся с ускорением, направленным вдоль пути заряда, наводит вторичную ЭДС, так как в этом случае он как бы «заряжает» среду магнитным полем, то есть увеличивает его энергию и, соответственно, производит работу, в то время, как радиальное ускорение заряда в кольцевом контуре не меняет энергию магнитного поля и, следовательно, не производит работу.

### 6.1 Лоренцева индукция и вторичное электрическое поле

Другим случаем отсутствия фарадеевой индукции и излучения является лоренцева индукция. Для нее достаточно равномерного движения тела (не ускоренного), содержащего свободные заряды (проводник, проводящая жидкость, плазма):  $E = BVl$ . Так как тангенциальное ускорение зарядов в этом случае отсутствует, то отсутствует и условие для возникновения фарадеевой ЭДС и излучения. В то же время лоренцева ЭДС может быть постоянной (униполярные генераторы), в то время, как фарадеева – только переменной (ускорение не может быть бесконечным).

Здесь необходимо отметить, что в свободном пространстве лоренцева сила закручивает заряженную частицу, преобразуя ее поступательное движение в вращательное. В случае свободного движения заряженной частицы в магнитном поле можно проследить превращение кинетической энергии влетающего в магнитное поле поступательно движущегося заряда в кинетическую энергию вращения.

Ларморовский радиус заряженной частицы в поле равен  $r = \frac{m V}{q B}$ .

Период вращения равен  $T = \frac{2\pi m}{B q}$ .

Тогда угловая скорость вращения будет равна  $\omega = B \frac{q}{m}$ .

Кинетическая энергия влетающей заряженной частицы будет равна  $E_{kin} = \frac{mV^2}{2}$ .

Кинетическая энергия вращающейся по окружности заряженной частицы будет равна  $E_{rot} = J \frac{\omega^2}{2}$ .

Момент инерции заряженной частицы как материального тела равен  $J = r^2 m$ . Подставляя выражения для угловой скорости и момента инерции в формулу кинетической энергии вращающейся заряженной частицы и преобразуя получим:

$$E = J \frac{\omega^2}{2} = \frac{1}{2} r^2 m B^2 \frac{q^2}{m^2} = \frac{1}{2} \frac{m^2}{q^2} \frac{V^2}{B^2} m B^2 \frac{q^2}{m^2} = \frac{mV^2}{2}$$

Получается, что кинетическая энергия вращающейся в поле заряженной частицы тождественно равна кинетической энергии заряженной частицы, влетающего в поле:  $E_{kin} = E_{rot}$ .

**То есть, магнитное поле не меняет кинетическую энергию заряженной частицы, а только преобразует поступательное движение заряда во вращательное.**

Кроме того, ускорение заряда в данном случае является центростремительным, направленным перпендикулярно скорости движения:  $a = \frac{V^2}{r} = \frac{qBV}{m}$ .

То есть:

- лоренцева сила не меняет энергию заряженной частицы,
- ускорение, приложенное к заряду является центростремительным.

Следовательно условия для возникновения фарадеевой ЭДС отсутствуют. Соответственно, отсутствует и излучение.

**Таким образом, фарадеева и лоренцева индукции отличаются принципиально** (попытки свести фарадеев и лоренцев механизмы воедино не дали результатов):

- Фарадеева индукция **вызывается ускорением зарядов без участия внешнего магнитного поля.** Фарадеева индукция не оказывает силовое воздействие на заряды.
- Лоренцева индукция **вызывается движением зарядов без ускорения во внешнем магнитном поле** Лоренцева индукция вызывается движением зарядов и связанными с ними материальными носителями (в частности, электронами для твердых тел и ионами для жидких и газообразных). Лоренцев механизм наводит ЭДС и оказывает силовое воздействие на заряды и их носители, что очень широко используется в электромашинах.

## 7. Синхронные (фарадеевы) электромашинны

Далее, известно, что вращающаяся рамка (контур) с током наводит ЭДС в синхронных (фарадеевых) электрогенераторах. Заряды в ней, в данном случае,

движутся вдоль контура (как бы в потенциальной трубе). Кроме того, они вращаются вместе с рамкой и, таким образом, движение зарядов является спиральным. Известно также (см. учебники), что эта ЭДС – переменная и максимальная амплитуда достигается когда рамка с током перпендикулярна рамке, в которой наводится ЭДС. Все это очень хорошо описывается формулой Фарадея, а вот построение ускорений и, соответственно, вторичной ЭДС сталкивается с определенными трудностями, так как все ускорения являются результатом вращательного движения и направлены перпендикулярно проводникам, то есть, согласно физической модели, предложенной в данной статье, указанная ЭДС не должна наводиться (отсутствуют ускорения, направленные вдоль проводников). В то же время, можно показать, что такие ускорения имеют место. Представим, что есть некий контур (схема приведена на рис. 2), например, кольцевая труба, в которой без сопротивления с постоянной скоростью  $V$  движется некое материальное тело, например, катится шарик (или течет вода).

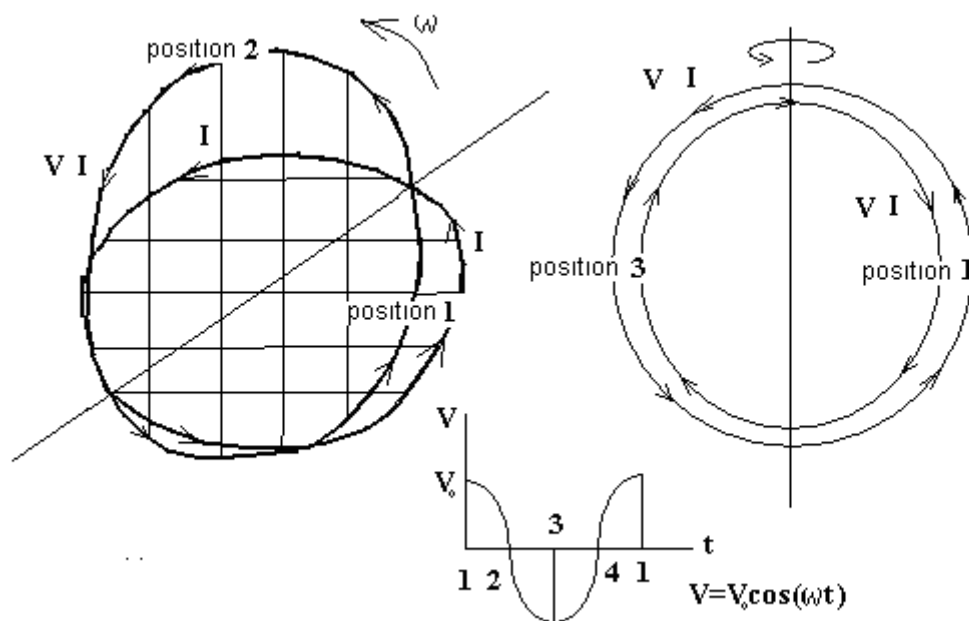


Рис. 2а

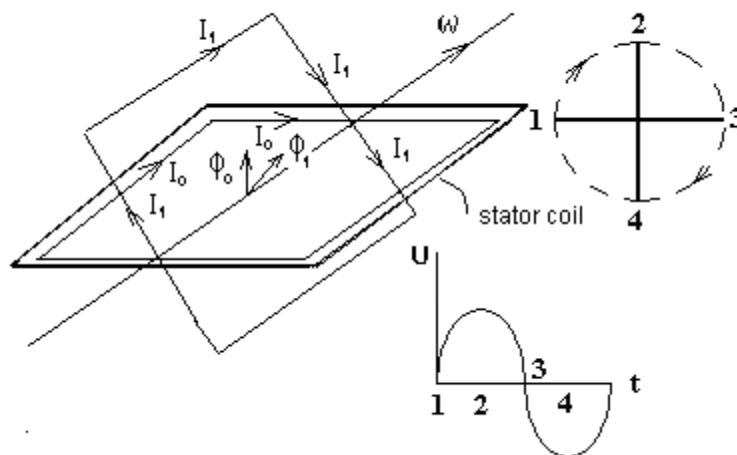


Рис. 2b

Контур неподвижен и расположен в горизонтальной плоскости (положение 1 на рисунке 2a). Начинаем вращать контур вокруг оси, расположенной в горизонтальной плоскости, до тех пор, пока он не повернется на 180 градусов (положение 3 на рисунке) и не вернется опять в горизонтальную плоскость. Нетрудно видеть, что теперь скорость шарика (воды) оказалась направленной в противоположную сторону. Это может произойти только если шарик (элемент жидкости) во время поворота испытывал ускорение, направленное вдоль контура. С точки зрения механики это выглядит достаточно странно, так как скорость движения шарика (жидкости) в плоскости контура не меняется, а меняется только проекция скорости на горизонтальную плоскость. В то же время, можно сделать эксперимент, когда шарик физически переносится из положение 1 (см. рис.2a) в положение 3 изменяя при этом скорость движения на противоположную. То есть, это физическая реальность. В принципе, при вращении такого контура возникает гироскопический момент, но, при этом, сила приложена к оси, перпендикулярной плоскости контура (препятствует повороту), а не к элементу на ободе (и не направлена вдоль обода).

Так или иначе, но выражение для скорости шарика (жидкости) будет следующим:

$$V = V_0 \cos(\omega t) \quad [9],$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения рамки.

Тогда выражение для ускорения шарика (жидкости) будет:

$$\frac{dV}{dt} = a = -V_0 \omega \sin(\omega t) \quad [10]$$

Опять же, формально, эти  $V$  и  $a$  – это проекции величин на горизонтальную плоскость. Соответственно, проекция вектора скорости  $V$  на горизонтальную плоскость проходит через нуль (проекции скоростей от противоположных сторон контура компенсируются), когда контур расположен под 90 градусов к горизонтальной плоскости (положение 2 на рисунке). А при повороте на 180 градусов контур физически располагается в горизонтальной плоскости, но скорость шарика (жидкости) направлена в противоположную сторону. Получается, что

шарик затормозился до нуля и снова разогнался, но в противоположную сторону как при упругом ударе. Это является парадоксом в классической механике, который подробно рассмотрен в (14).

Это же относится к контуре с током (см. рис. 2б), то есть электроны в проводнике при его вращении должны испытывать ускорение, направленное вдоль проводника. Здесь надо повторить, что движение и ускорение материальных (незаряженных) тел не оказывает никакого влияния на положение, движение и энергетическое состояние соседних тел (гравитация не учитывается), в то время, как положение, движение и ускорение зарядов принципиально влияет на положение и энергетическое состояние соседних зарядов. Таким образом, движущиеся заряды во вращающемся контуре с током испытывают тангенциальное (направленное вдоль проводника) ускорение, которое наводит электрическое поле в пространстве и, соответственно, вызывает появление вторичной ЭДС в соседних контурах.

Переходя к вращающемуся контуру с током и в соответствии с формулой [10] получаем:

$$E = \mu_0 q_1 V_0 \omega \sin(\omega t) = \mu_0 I \omega \sin(\omega t) \quad [11],$$

Где  $q_1 = \rho_q S_c$  - плотность зарядов, умноженная на сечение проводника, то есть заряд, сконцентрированный в единице длины проводника (см формулу [4]).

Так как магнитная индукция в центре кругового контура определяется как

$$B_c = \mu_0 \frac{I}{2R} = \mu_0 \frac{Q_\Sigma}{S} V_q,$$

$$\text{И } \mu_0 Q_\Sigma V = BS,$$

то ЭДС, наведенная в кольцевом контуре будет равна:

$$U = BS\omega \sin(\omega t) = \Phi \omega \sin(\omega t) \quad [12].$$

В то же время, согласно формуле Фарадея  $E = -\frac{d\Phi}{dt} = -B \frac{dS_\perp}{dt}$  (считая магнитную индукцию  $B$  постоянной по площади контура), где  $dS_\perp$  - проекция контура (рамки) с током на плоскость неподвижной рамки. Очевидно, что величина  $S_\perp$  меняется по

закону косинуса. Тогда  $\frac{dS_\perp}{dt} = \frac{S \cos \omega t}{dt} = -S\omega \sin \omega t$ , где  $\omega$  - угловая скорость

рамки. Тогда фарадеева ЭДС, наведенная вращающейся рамкой с током будет равна  $U = BS\omega \sin \omega t = \Phi_0 \omega \sin \omega t$  (2), что соответствует формуле [12]. Таким

образом, формула Фарадея и выражение [12] тождественны, что, опять же, подтверждает то, что вторичная (фарадеева) ЭДС является следствием наведения вторичного электрического поля ускоренными зарядами.

## 8. Циклотронное излучение

Еще одним источником излучения являются ускоренные электроны в циклотроне (циклотронное излучение). Этот же принцип используется в магнетронах. Надо отметить, что обычно в литературе причиной излучения называют радиальное (центробежное) ускорение, приложенное к зарядам (4), (5),

(б) и, соответственно, диаграмма излучения единичного заряда направлена по касательной. В то же время, в циклотронах и магнетронах заряды, по определению, **УСКОРЯЮТСЯ** (а в магнетронах ускоряются и тормозятся). Таким образом, к зарядам приложено также и тангенциальное ускорение, которое и является причиной электромагнитного излучения и которое обязано наводить вторичное электрическое поле. **Радиальное (центробежное) ускорение при этом присутствует, но в наведении вторичной ЭДС и в возникновении излучении участия не принимает** так же, как и в случае катушки с постоянным током. В то же время, очень сложно экспериментально определить, испускается ли циклотронное излучение по касательной (следствие радиального ускорения) или по радиусу (следствие тангенциального ускорения), так как циклотронное излучение, вызванное тангенциальным ускорением имеет такие же характеристики, как если бы оно было вызвано радиальным ускорением. Таким образом, согласно изложенной в данной статье гипотезе, ускоренный заряд излучает перпендикулярно траектории его движения, **а заряды, движущиеся без тангенциального ускорения с постоянной скоростью по окружности постоянного радиуса НЕ ИЗЛУЧАЮТ** (хотя к ним приложено радиальное ускорение) и не наводят вторичной ЭДС. Опять же, как было отмечено выше, для первых исследователей строения атома (например, Резерфорда) это явилось парадоксом, хотя, в рамках принятой в данной статье гипотезы, это является вполне естественным.

Насчет же излучения зарядов, захваченных в ионосфере магнитным полем, то они движутся по спирали вдоль «магнитных силовых линий» магнитосферы и разгоняются при приближении к полюсам и, затем, тормозятся при удалении, что и вызывает радиоизлучение (13). И это радиоизлучение, опять же, вызывается не радиальным ускорением.

## 9. Тормозное излучение

Тормозное излучение (bremsstrahlung, герм, англ.) вызывается торможением зарядов при прохождении ими поглощающей среды (4), (7). Характер и направленность излучения полностью согласуются с приведенной в данной статье гипотезой.

## 10. Несколько замечаний про экранирование магнитного поля

Данные замечания относятся к использованию фарадеевой индукции для экранирования магнитного поля.

Согласно современным представлениям, магнитное поле – всепроникающее, что совпадает с мнением автора данной статьи. Это свойство основано на всепроникаемости «тонкой структуры эфира» («темной энергии»). Но на практике оказывается, что экранировать магнитные поля можно, но эта экранировка фактически является компенсацией – созданием «противополя». Физически эта компенсация основана на фарадеевой индукции и применима только к переменному магнитному полю. Постоянное магнитное поле не экранируется. Если есть контур с переменным током и проводящий экран, то в экране наводятся

вихревые токи Фуко (eddy current). При этом, как было отмечено выше, наведенный в экране ток направлен противоположно току в контуре (принцип Ленца). Соответственно, магнитное поле, создаваемое наведенным током, направлено встречно полю контура и частично компенсирует его. Частично, потому, что токи Фуко всегда меньше, чем исходный ток в контуре (зависят от расстояния до экрана и частоты, см. формулу [12]). Этот способ экранировки особенно эффективен на радиочастотах и широко там применяется (катушки в алюминиевых экранах). В этом случае индукции противоположно достаточно для практически полной компенсации (экранирования). Для более низких частот применяют экраны из ферромагнитных материалов, усиливающих противоположно, так как для более низких частот токов Фуко «в чистом виде» уже недостаточно. И, опять же, постоянное магнитное поле не экранируется. Кроме указанных методов экранирования, основанных на токах Фуко, есть ряд методов экранирования низкочастотных магнитных полей посредством отведения магнитного потока ферромагнитными экранами (12).

## 11. Дополнительные замечания относящиеся к теме данной статьи

Приведенный в данной статье физический принцип – вторичное электрическое поле как следствие электрической инерции заряда при его ускорении - может быть фундаментальным (если он, конечно, правильный). Кроме того, любой заряд (заряженная частица, тело) имеет массу инерции и при ускорении к нему приложена и механическая сила инерции, сопротивляющаяся разгону данного тела и электрическая. Причем обе эти силы (инерции) приложены в направлении, противоположном ускорению ( для ускоренного заряда это принцип Ленца). В случае заряда, физический смысл вроде понятен (вторичное тормозящее электрическое поле), а какое «поле» вызывает механическую инерцию? Очевидно, что не гравитационное, так как сила инерции (в противоположность электрической инерции), приложенная к одному телу, никак не распространяется на другие, соседние тела. И если это «поле», то оно локализовано внутри массы. Вопрос остается открытым.

Кроме того, возникает вопрос, как связаны между собой «тонкая составляющая эфира», она же «темная энергия», деформациями которой являются электрическое, магнитное и вторичное электрическое поля, с гравитационным полем (природа которого также остается неизвестной). Тут можно предположить, что эти поля связаны в одной системе координат (есть некоторые основания так полагать (10), (11)). Например, магнитное поле и, соответственно «темная энергия» («тонкая составляющая эфира») неподвижны в геоцентрической системе координат и не вращаются вместе с Землей (при ее вращении вокруг оси). То же и для гравитационного поля Земли. Таким образом, оба этих поля НЕ СОЗДАЮТ тангенциальные силы и не передают другим телам крутящий момент. Для магнитного поля эту гипотезу можно считать доказанной (3), для гравитационного же поля достоверные свидетельства передачи крутящего момента отсутствуют, несмотря на то, что в ОТО фигурирует некое «закручивание» пространства, которое неоднократно пытался определить экспериментально. Но, в связи с совершенной ничтожностью предсказанного ОТО

эффекта и его очевидным отсутствием, все усилия «искателей» данного эффекта, несмотря на их огромное желание, завершились ничем. Таким образом можно предположить, что гравитационное поле и «тонкая составляющая эфира» каким-то образом связаны и, в частности, имеют некоторые общие свойства (в частности, масса и инерция). Очевидным отличием является полярность заряда и, соответственно, направления электрического поля, так как отрицательного гравитационного поля не существует.

## 12. Демонстрация связи фарадеевой индукции с силой Лоренца

Как было отмечено выше, фарадеева индукция вызывает вихревые токи Фуко в расположенных рядом проводящих телах. Эти наведенные токи взаимодействуют с токами источника магнитного поля (в данном случае с эквивалентным током магнита) по закону Ампера (она же сила Лоренца), что проявляется в их силовом взаимодействии.

Ниже приведено описание демонстрационных экспериментов по взаимодействию этих токов. На рис. 3 и 4 приведены схемы экспериментов.

Пластина на рис.3 установлена на подставке, в то время, как катушки и магнит на рис. 4 подвешены на проволоке (крутильных весах).

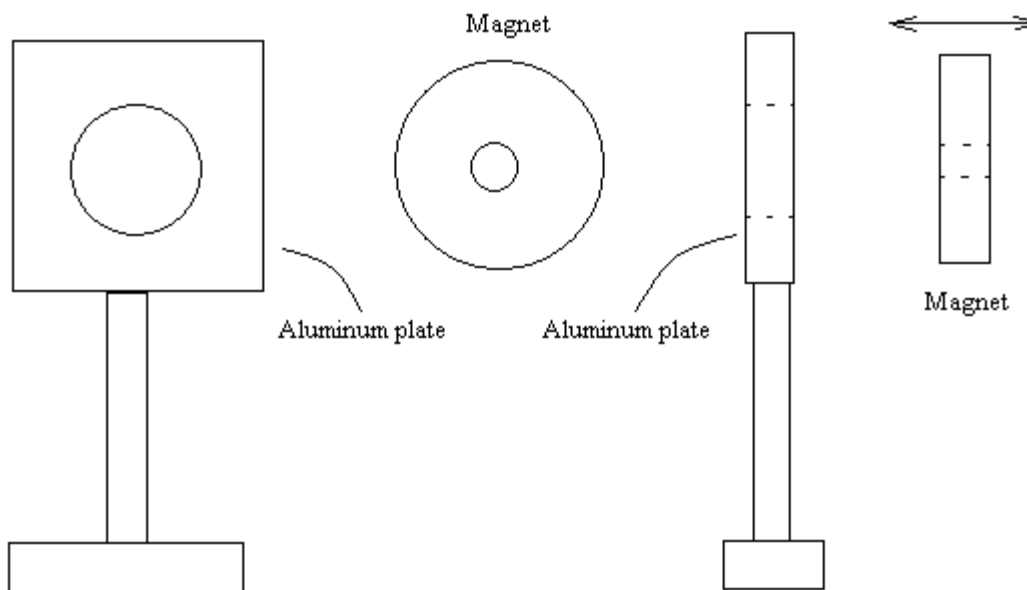


Рис. 3



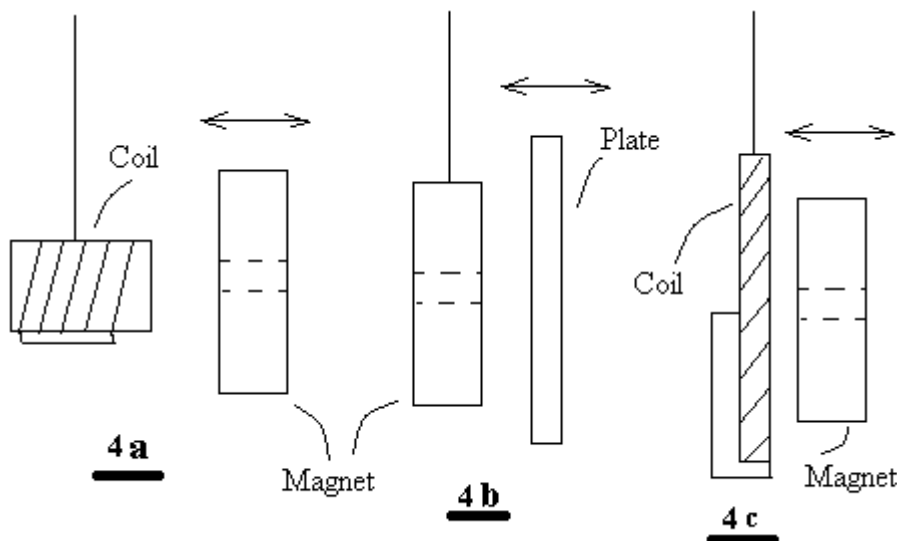


Рис. 4

- Алюминиевая пластина 150x150 мм с отверстием диаметром 50 мм (оправа для оптики от «оптического стола») установлена на алюминиевой подставке (рис.3). Стержень, соединяющий пластину с подставкой, выполнен из немагнитного никелевого сплава. То есть магнитные материалы здесь полностью отсутствуют. Рядом расположен постоянный кольцевой неодимовый магнит (NdFeB) размером 65x12 мм с отверстием 19 мм и с Вг порядка 1.2 Тл. Магнит намагничен по оси. При резком движении магнита к пластине пластина откидывается назад (может даже упасть), как будто на нее действует порыв ветра. При резком отодвигании магнита от пластины она как бы следует за ним, как будто магнит ее притягивает. При более резком движении магнита пластина падает как будто ее сдуло ветром.
- Эффект зависит от ускорения магнита при перемещении относительно пластины. При медленном перемещении магнита (малом ускорении) этот эффект практически отсутствует.
- При замене пластины с отверстием проводящей пластиной без отверстия, например, медной фольгой, толщиной 0.15 мм, проявляется тот же эффект, но существенно слабее.
- Эффект сильно зависит от толщины пластины – чем пластина толще, тем сильнее эффект. Если использовать алюминиевую пластину толщиной 5 мм, то эффект намного сильнее, чем для фольги.
- Если подносить (и отодвигать) алюминиевую пластину к неподвижному магниту (рис. 4b), то он реагирует похоже, но намного слабее, чем при поднесении магнита к неподвижной пластине. На тонкие пластины он практически не реагирует.
- Если же подносить магнит к короткозамкнутой катушке (рис. 4a) и отодвигать от нее (диаметр 40 мм, 10 витков провода 0.2 мм), то силовой эффект отсутствует – катушка не шелохнется. При этом в разомкнутой катушке наводится импульсная ЭДС 5мВ.
- Если же подносить (и отодвигать) магнит к плоской короткозамкнутой катушке (рис. 4c) с большим числом витков (диаметр витков от 10 мм в

центре катушки до 60 мм на краю, толщина обмотки 8 мм, обмотка имеет 2000 витков провода 0.4 мм), то силовой эффект получается достаточно сильный (примерно такой же, как у толстой пластины). Причем эффект существенно сильнее при движении магнита от катушки, чем при движении к ней. При придвигании магнита к катушке она только слегка отклоняется, а при движении магнита от катушки, она как бы тянется за ним даже при небольшой скорости. У разомкнутой катушки силовой эффект отсутствует (при этом в ней наводится импульсная ЭДС 4В).

- При движении короткозамкнутой катушки с большим числом витков относительно неподвижного магнита, подвешенного на крутильных весах, (как на рис. 4с, но наоборот) эффект присутствует, но существенно меньший, чем при движении магнита относительно неподвижной катушки.
- Если подвесить кольцевой магнит, на крутильных весах (как показано на рис. 4b), то он вначале начинает колебаться как крутильный маятник из-за внешних возмущений, но если к нему поднести толстую алюминиевую пластину, то колебания сразу же успокаиваются (демпфируются). Этого не происходит, если поднести короткозамкнутую катушку с большим числом витков к магниту, подвешенному на крутильных весах.

#### **Это можно объяснить следующим образом:**

Согласно фарадееву механизму изменение расстояния между магнитом и пластиной меняет магнитный поток в отверстии пластины и по ее краям течет ток, вызванный фарадеевой индукцией. Этот ток взаимодействует (по закону Ампера) с эквивалентным током магнита. При приближении магнита к пластине индуцированный ток течет противоположно эквивалентному току магнита (принцип Ленца). Пластина и магнит отталкиваются друг от друга. При отодвигании магнита от пластины токи текут в одну сторону и пластина притягивается к магниту. Сила притяжения и отталкивания зависит от ускорения взаимного движения (по Фарадею, от скорости изменения магнитного потока) – при резком отодвигании (придвигании) магнита к пластине она падает, как будто ее сдуло порывом ветра.

В то же время, согласно материалу, изложенному выше, ЭДС (и ток), наведенная в пластине, является следствием ускорения зарядов, текущих в эквивалентном контуре магнита. Но здесь есть один нюанс – это ускорение направлено перпендикулярно эквивалентному току в магните, то есть, согласно материалу, изложенному в статье, может наводить только токи, которые направлены по вектору ускорения в толщу пластины. Но в толще пластины существует градиент  $E$  (расстояние до магнита у разных слоев разное). Получается, что вследствие этого токи, текущие в разных слоях пластины замыкаются и возникает круговой ток, взаимодействующий с эквивалентным током магнита. Эксперимент показывает, чем толще пластина, тем сильнее эффект. Для фольги эффект также есть, но намного более слабый, так как она тонкая. То есть перестройка токов происходит в толще пластины. Но получается, что схема течения токов в пластине сложная и как токи, направленные в толщу пластины, там замыкаются и переходят в кольцевой ток, не совсем понятно.

При движении магнита относительно короткозамкнутой катушки с небольшим количеством витков эффект полностью отсутствует несмотря на то, что магнитный поток в неподвижной катушке меняется и при перемещении магнита в ней наводится небольшая импульсная ЭДС порядка 5 мВ (для 10 витков), что, по видимому, недостаточно для силового взаимодействия. Получается, что в этом случае кольцевой ток очень мал и силовой эффект отсутствует.

Для катушки с большим числом витков (рис. 4с) этот эффект существует, но достаточно странно. При удалении магнита от катушки эффект существенно сильнее, чем при приближении. При приближении магнита катушка только слегка отклоняется, в то время как при удалении катушка как бы тянется за магнитом даже при небольшой скорости магнита и этот эффект достаточно четко выражен. Импульсная ЭДС при этом составляет порядка 4 В (в разомкнутой катушке), а ток в импульсе в короткозамкнутой катушке составляет около 30 мА. Разомкнутая катушка с магнитом не взаимодействует в любом случае.

Кроме того, если бы перечисленные эффекты вызывались бы только вихревым током за счет изменения магнитного потока, то силовой эффект и для фольги и для пластины и для катушки был бы одинаковым, чего не происходит. Как было показано в данной статье (параграф 6), фарадеева ЭДС возникает из за ускорения зарядов, а «изменение магнитного потока» является частным случаем, не всегда работающим.

Силовое взаимодействие движущейся проводящей пластины с неподвижным магнитом намного слабее силового взаимодействия неподвижной проводящей пластины с движущимся магнитом. При перемещении пластины к магниту ускорение зарядов отсутствует (магнит неподвижен) и фарадеева ЭДС не наводится, хотя магнитный поток в пластине меняется. Это эффект известен у униполярных электромашин – движение проводника относительно магнита и движение магнита относительно проводника – это не одно и то же. Но в данном случае возникает лоренцева ЭДС, так как проводящая пластина движется в магнитном поле. Схема наведенных в пластине токов также получается сложная – токи текут вдоль поверхности пластины и параллельно в ее теле, при этом в теле пластины существует градиент  $E$  (опять же из за толщины пластины). Вследствии этого возникает круговой ток и результат получается похожий на предыдущий случай – токи в толще пластины преобразуются в круговые и взаимодействуют с эквивалентным током магнита и он как бы притягивается к пластине.

Кроме того, если поднести пластину к магниту, подвешенному на крутильных весах, то его крутильные колебания прекращаются (демпфируются). Это происходит потому, что при таких колебаниях одна половина магнита приближается к пластине, в то время, как другая удаляется и в соответствующих частях пластины текут противоположные токи. Этот эффект (демпфирование) не наблюдается, если к магниту поднести катушку (см. рис.4с, только здесь магнит подвешен, а катушка свободна). Это связано с тем, что в разных частях пластины могут течь независимые токи, в то время, как в катушке направление тока задано направлением витков.

Здесь нужно иметь в виду, что эти эксперименты – демонстрационные и дают **только качественные** оценки эффекта (притягивается, отталкивается, сильнее, слабее). Количественные измерения не проводились.

## 12. Заключение

Можно с достаточным основанием предположить, что электрическое (электростатическое), магнитное и вторичное электрическое (фарадеево) поля являются искажениями некой среды – «тонкой структуры эфира». При этом два последних являются динамическими. То есть движение заряда ответственно за появление магнитного поля, а ускорение заряда – за появление вторичного электрического (фарадеева) поля. Также можно предположить, что вторичное электрическое поле по природе не отличается от электростатического (та же деформация), но принципиально отличается ориентацией поля. Кроме того, в последнем случае заряд излучает электромагнитную волну. При этом ускорение, приложенное к заряду, не всегда наводит вторичное электрическое поле и вызывает излучение.

**Таким образом, ускоренный заряд наводит вторичную ЭДС и, соответственно, излучает электромагнитную волну при условии:**

- **Если ускорение направлено вдоль вектора скорости. В общем случае в создании ЭДС участвует ТОЛЬКО проекция ускорения на вектор скорости заряда.**
- **Соответственно, сила, приложенная к заряду должна производить работу меняя напряженность магнитного поля (заряжая или разряжая его).**

Вторичное электрическое поле по своему действию аналогично инерции массивного тела при ускорении, где в данном случае как бы массой является заряд. То есть вторичное электрическое поле как бы препятствует разгону заряда и, соответственно, вектор напряженности поля направлен в сторону, противоположную ускорению (принцип Ленца).

Здесь надо отметить, что, при их общей схожести, инерция массы и заряда различаются принципиально. Инерция заряда вызывается электрическим полем, распространяющим свое действие также на соседние заряды, в то время, как инерция массы не наводит внешнее поле и соседние тела никак не реагируют на ускорение данного тела. То есть, ускорение массивного тела не вызывает никаких гравитационных эффектов, с каким бы ускорением тело не двигалось.

## 13. Список литературы:

1. Г. Ивченков, «Токи смещения в металлах, диэлектриках и в вакууме», <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/110117205435.doc>
2. Г. Ивченков, «Специфика силового и индукционного взаимодействия постоянных магнитов с проводниками, токами и зарядами. Эквивалентные схемы постоянных магнитов. Униполярные и тангенциальные электромашин. Законы электромагнетизма. Физическая природа магнитного поля», <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>

3. Г. Ивченков, «Магнитное поле – статическое образование, не принадлежащее носителю поля, или парадокс униполярных машин», <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11565.html>
4. Б. М. Яворский, А. А. Детлаф, «Справочник по физике», "Наука" 1979г.
5. Cyclotron radiation, <http://casa.colorado.edu/~wcash/APS3730/chapter5.pdf>
6. Cyclotron & Synchrotron, <http://boojum.as.arizona.edu>
7. Bremsstrahlung, <http://en.wikipedia.org/wiki/Bremsstrahlung>
8. Л. Зеленый, Е. Григоренко, «Квартет “Cluster” исследует тайны магнитосферы», Природа, No 6, 2005
9. С. Голдберг, «Электронная теория Лоренца и теория относительности Эйнштейна», Успехи физических наук, окт. 1970, Том 102, вып. 2
10. О.Х Деревенский, «Фиговые листки теории относительности», <http://newfiz.narod.ru/rel-opus.htm>
11. Геннадий Ивченков, «Темная энергия» и «темная материя», <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>
12. Экранирование магнитного поля, <https://fb.ru/article/458007/ekranirovaniemagnitnogo-polya-printsipyi-i-materialyi-otnositelnaya-magnitnaya-pronitsaemost-materialov>
13. Движение частиц в магнитном поле Земли, <https://www.kazedu.kz/referat/90104/1>
14. Г. Ивченков, «Некоторые особенности и парадоксы классической механики», <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/190311231212.pdf>