

УДК 537.8:53.05

О ВИДОИЗМЕНЕНИЯХ ОПЫТА ФАРАДЕЯ С КАЖУЩИМСЯ УМЕНЬШЕНИЕМ ВЕСА ПРОВОДНИКОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В АСПЕКТЕ ГИПОТЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ГРАВИТАЦИИ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА

Ромм Я.Е.

Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал) ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)»,
Таганрог, e-mail: romm@list.ru

Описан опыт М. Фарадея, в котором подвешенный за середину прямолинейный проводник с постоянным током при подвижном электрическом контакте с ртутью проявлял «кажущееся уменьшение веса». Предложены изменения схемы этого опыта с целью выявить причину явления. Даны описания 12 опытов, выполненных по предложенным схемам. Проводник с изоляцией складывался пополам, по нему пропусклся переменный ток, он был подвешен за конец, противоположный подвижному контакту. Эффект «кажущейся потери веса» при этом сохранялся. Подвешенный конец разрезался, к нему подсоединялись два скрепленных соленоидов, по их обмоткам проходил переменный ток в противофазе. В результате эффект усиливался, становился устойчивым, обретал характерное зависание после выключения тока. На каждом соленоиде была двойная обмотка. Если провода в ней переводились в бифилярную схему с противофазным током, эффект почти полностью исчезал, сохраняясь отчасти в момент самоиндукции при замыкании и разрыве цепи. Аналогичные явления наблюдались в опытах, проводившихся по схеме рычажных весов. Разрезанный провод с парой соленоидов помещался в твердый пластиковый корпус и играл роль плеча рычага. Такой же корпус с противовесом на конце служил другим плечом рычага. Механизм подвижного ртутного контакта создавал центр опоры получившегося аналога рычажных весов. При прохождении переменного тока плечо с соленоидом без инерции поднималось вверх. Если же обмотка соленоидов переводилась в бифилярную схему, то при прохождении тока это плечо или не поднималось (в зависимости от варианта опыта), или поднималось с длительной задержкой времени. Вертикальная составляющая действия против силы тяжести была эквивалентна уменьшению примерно 4,5% веса обмотки соленоидов. Анализ опытов приводит к предположению, что М. Фарадей мог наблюдать реальное изменение веса проводников с электрическим током как явление связи гравитации и электромагнетизма.

Ключевые слова: экспериментальные исследования Фарадея, уменьшение веса проводников с переменным током, явление связи гравитации и электромагнетизма

ABOUT THE CHANGES IN FARADAY'S EXPERIMENT WITH THE APPARENT REDUCTION OF THE WEIGHT OF THE CONDUCTORS DURING THE PASSING OF THE ELECTRIC CURRENT IN THE ASPECT OF A HYPOTHETICAL CONNECTION OF GRAVITY AND ELECTROMAGNETISM

Romm Ya.E.

A.P. Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics,
Taganrog, e-mail: romm@list.ru

The experiment of M. Faraday is described, in which a straight-line conductor with a constant current suspended by the middle showed «an apparent decrease in weight» during mobile electrical contact with mercury. Changes in the scheme of this experience are proposed in order to identify the cause of the phenomenon. Descriptions of 12 experiments performed according to the proposed schemes are given. The insulated conductor was folded in half, alternating current was passed through it, and it was suspended by the end opposite the movable contact. The effect of «apparent weight loss» at that was maintained. The suspended end was cut, two fastened solenoids were connected to it, alternating current passed through their windings in antiphase. As a result, the effect intensified, became stable, and acquired a characteristic hovering after turning off the current. Each solenoid had a double winding. If the wires in it were transferred to a bifilar circuit with an antiphase current, the effect almost completely disappeared, remaining partly at the moment of self-induction when the circuit was closed and broken. Similar phenomena were observed in experiments carried out according to the lever scales scheme. The cut wire with a pair of solenoids was placed in a hard plastic case and played the role of a lever arm. The mechanism of the mobile mercury contact created the center of support of the resulting analog of lever scales. During the passage of alternating current, the arm with solenoids without inertia rose upward. If the winding of the solenoids was transferred to a bifilar circuit, then when the current was passing, this arm either did not rise (depending on the variant of the experiment), or rose with a long time delay. The vertical component of the action against gravity was equivalent to a reduction of approximately 4.5% of the weight of the winding of the solenoids. Analysis of the experiments leads to the assumption that M. Faraday could observe a real change in the weight of conductors with an electric current as a phenomenon of the connection between gravity and electromagnetism.

Keywords: Faraday's experimental research, reduction of the weight of the conductors with alternating current, a phenomenon of the connection between gravity and electromagnetism

При изучении действия магнитного поля Земли на прямолинейный медный проводник с постоянным электрическим током

Фарадей наблюдал явление [1], которое привлекло его внимание «кажущимся уменьшением веса» проводника в момент замы-

кания цепи (в [1] эти слова иногда ставятся в кавычки, иногда нет). В «Заметке о новых электромагнитных движениях» [1, с. 218] описан следующий опыт по исследованию действия магнитного поля Земли на проводник с постоянным током. Был выбран прямолинейный медный проводник сечением 1 мм^2 , длиной $0,5 \text{ м}$, два конца которого П-образно отгибались под прямым углом параллельно друг другу. За середину проводник на шелковой нити подвешивался к высокому потолку. Отогнутые концы амальгамировались и опускались для подвижного электрического контакта в две круглые чаши с ртутью. Контакты едва касались поверхности [1, с. 220], которая покрывалась слоем слабого раствора азотной кислоты для свободного скольжения проводника. От калориметра Гейра [2, с. 183] на чаши с ртутью поступали разноименные заряды. В момент замыкания цепи проводник всегда смещался перпендикулярно самому себе в горизонтальной плоскости, каким бы образом априори не менялось его горизонтальное расположение. Смещение соответствовало закону Ампера: на прямолинейный проводник длины l с постоянным током I в магнитном поле, определяемом индукцией \vec{B} , действует сила $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$. Как векторное произведение она направлена перпендикулярно плоскости векторов-сомножителей, в частности вектору \vec{l} , направление которого совпадает с направлением тока. Опыт проводился в Королевском институте Лондона, географическое положение соответствовало наклонению магнитного поля Земли. Поскольку вектор \vec{B} направлен под углом к касательной плоскости в точке земной поверхности, то на горизонтально расположенный прямолинейный проводник с постоянным током при всех его направлениях должна действовать вертикальная составляющая силы \vec{F} . Чтобы выявить вертикальную составляющую, Фарадей заменил фиксированный подвес, прикрепив шелковую нить подвеса проводника к чувствительному рычажку весов. К отогнутым концам были припаяны тонкие медные проводки, они амальгамировались по всей длине для более глубокого погружения в ртуть. Ожидалось, что при одном направлении тока в проводнике рычажок поднимется, при другом – опустится (что соответствовало бы закону Ампера). Однако при любых горизонтальных положениях проводника и всех направлениях тока рычажок с момента замыкания цепи неизменно поднимался вверх (не во всех случаях одинаково). Фарадей обратил внимание на бугорок поверхности вокруг амальгамированных концов

проводника, который опускался при прохождении тока и поднимался в исходное положение в момент разрыва цепи. Это было проявлением электрокапиллярности – при прохождении тока поверхностное натяжение ртути уменьшалось (здесь это замечено впервые, позже исследовано Г.И. Липпманом в 1875 г. [2, с. 165]). Поскольку медь легче ртути, медные концы проводника, втягивавшиеся до пропускания тока поверхностным слоем, при замыкании цепи всплывали вверх. Оставалось сомнение, что единственной причиной подъема проводника является электрокапиллярность. Меняя размеры и сечение, Фарадей добился того, что проводник в момент замыкания цепи поднимался на целый дюйм вверх. Описание эффекта заканчивалось словами [1, с. 225]: «Является ли это действие на самом деле уменьшением притяжения частиц ртути или зависит от какой-либо другой причины, пока остается нерешенным. Но, во всяком случае, его влияние так велико, что его надо всегда учитывать в опытах, производимых для определения силы и направления электромагнитного провода, на который действует магнитный полюс».

Ниже исследуется наличие влияния на эффект именно «другой причины». Для этого механически компенсируется влияние электрокапиллярности, влияние внешнего магнетизма компенсируется переходом к переменному электрическому току в противофазе вдоль параллельно скрепленных проводников.

Фарадей проводил опыты в развитие открытого им вращения прямолинейного проводника с постоянным током вокруг магнитного полюса стержневого магнита, в данном масштабном изменении – вокруг магнитного полюса Земли. Ожидаемое в этом случае вертикальное смещение проводника он называл «кажущимся изменением веса». В статье излагаются видоизменения классического опыта, выполненные с целью выделить вертикальную составляющую механического действия на проводник с током, исключая влияние электрокапиллярности, внешнего магнетизма и возможных побочных эффектов. На основании анализа результатов, вслед за Фарадеем, ставится вопрос о природе наблюдавшегося им явления. Для обозначения искомого действия принят термин «кажущееся изменение веса» и его синонимы (в первоисточнике [1] этот термин использован в контексте вертикальной составляющей действия на проводник с током магнитного поля Земли). Наряду с тем, для искомого действия часто будет использоваться термин «вертикальная составляющая механического действия

на проводник с током» и краткие синонимы, например «вертикальная составляющая».

Цель исследования – выяснить, насколько это возможно в границах применения элементарных технических средств, что изменение веса проводников при прохождении по ним электрического тока при скомпенсированном действии внешнего и местного электромагнетизма не кажущееся, а реальное физическое явление, или что в рассматриваемых условиях изменение веса реально не проявляется.

Изменения схемы опыта Фарадея. Применяются следующие изменения схемы прототипа. Прежде всего, прямолинейный проводник перегибается посередине и складывается пополам. Обе половины при этом параллельны, между ними легкая изолирующая прокладка, в таком положении они скрепляются механически. Подвес осуществляется на конце проводника, в точке его перегиба. Ток подается на амальгмированные медные контакты на другом конце проводника через две сдвинутые, рядом расположенные емкости с ртутью. При такой конструкции внешнее механическое действие на обе половины одинаково по величине и противоположно по направлению, по закону Ампера действие внешнего магнитного поля равно нулю. Кроме того, вместо постоянного тока пропускается переменный ток, что влечет фактически нулевое действие магнитного поля Земли на проводник.

В данной модификации кажущееся изменение веса все же наблюдается, но стабильности вертикальной составляющей действия на проводник препятствует чувствительность безынерционной системы подвеса. Поэтому выполняется накопление искомого действия по длине проводника. В точке сгиба проводник разрезается и подсоединяется к 40 м более тонкого провода, свернутого в соленоидальную обмотку. Обмотка разделена на два соленоида, механически скрепленных параллельно вдоль направления разрезанного сдвоенного провода. При этом на каждом соленоиде обмотка выполнена двойным проводом, который разрезается на концах для различных конфигураций соединения, включая контрольную схему. Остальное в принципе не меняется. В этом случае действие вертикальной составляющей проявляется наглядно в устойчивой форме.

В дальнейшем описание опытов детализируется, кроме того, будет использовано еще одно изменение схемы опыта Фарадея. Именно, подвес на нити к потолку будет заменен противовесом к только что описанной конструкции. Линия проводника

будет продолжена прямолинейно в сторону, противоположную соленоидам, с помощью легкого, но прочного непроводящего плеча рычага на расстояние, равное длине провода с соленоидами. На конце непроводящего плеча подвешивается небольшая емкость с разновесными грузиками. Конструкция уравнивается в горизонтальном положении. Затем пропускается переменный ток через емкости с ртутью, расположенные под центром рычага. Подвижные электрические контакты через токосъемники создают центр опоры коромысла рычажных весов. Если один конец изменит вес, равновесие нарушится. При прохождении тока действие вертикальной составляющей проявляется в том, что конец с соленоидами всегда поднимается вверх, как если бы те-рча часть веса.

Если вес конца с соленоидами увеличить с помощью разновесок, он опустится. Можно измерить силу, затрачиваемую на подъем рычага в исходное горизонтальное положение, выравнивая рычаг в горизонтальное положение без тока с помощью разновесов на противоположном конце, а затем без дополнительных противовесов – при прохождении тока.

Выполнение опытов по измененным схемам. Ниже излагаются отмеченные видоизменения опытов, выполнявшиеся с многолетними перерывами с 1986 [3] по 2016 г. [4, 5]. Эти опыты описывались также в [6]. В настоящей статье предложены технические уточнения предыдущих описаний, смысл результатов системно согласуется с предположением реальности изменения веса проводников и соленоидов при прохождении по ним электрического тока. Выделяются те особенности опытов, которые объективно указывают на реальность эффекта. Кроме того, описание опытов дополнено формализованной трактовкой рассматриваемого предположения.

Опыт 1. Для усиления искомого действия было увеличено отношение тока к удельному весу проводника. Вместо медного был выбран алюминиевый проводник в полихлорвиниловой изоляции длиной 3 м, диаметром кругового сечения 2 мм. Проводник сгибался пополам. Обе половины в виде отрезков параллельных прямых обматывались стягивающей изоляционной лентой по всей длине до состояния относительной жесткости. Защищенные разомкнутые концы проводника привинчивались к медным пластинам 20х20х2 мм. Снизу (противоположно винтам) в каждой пластине выполнялась П-образная прямоугольная прорезь 15х7 мм. Обе пластины располагались параллельно, между ними

помещалась тонкая деревянная прослойка для электрической изоляции, контакты стягивались изоляционной лентой до жесткости соединения. Заточенные нижние концы П-образных пластин амальгамировались и для подвижного электрического контакта опускались в отдельные пластиковые ванночки с ртутью, имевшие форму параллелепипедов, которые соприкасались боковыми гранями и наполнялись ртутью на $4/5$ высоты. Верх каждой пластины располагался параллельно линии проводника, не касаясь передней стенки ванночки. На подвешенный в горизонтальном положении проводник через ртуть поступал переменный электрический ток по бифилярному проводу, продолжавшему продольную ось проводника в противоположном от него направлении на 2,5 м (рис. 1). Свободный конец проводника прикреплялся к вертикальной резиновой «нити» (эластомерная нить диаметром $\approx 0,5$ мм) длиной 0,6 м. Сверху «нить» привязывалась к незакрепленному центру радиально расходящихся по плоскости потолка таких же резиновых «нитей». В центре радиальные «нити» стягивались в узел. К изгибу проводника снизу крепился свешивающийся по вертикали проводок, его нижний конец отгибался в горизонтальное положение и в положении равновесия помещался в фокусе между линзами диапроектора, с которого был снят металлический корпус. Перевернутое изображение проводка с увеличением в несколько десятков раз фокусировалось в виде тени на экране, отстоящем на 3,5 м, движение сдвоенного проводника вверх или вниз отображалось в обратном направлении. Количество вертикальных «нитей» подвеса иногда увеличивалось для стабилизации начального равновесия (рис. 1). Питание цепи осуществлялось переменным током частотой 50 Гц от электросети с напряжением 220 В (аналогично во всех описываемых ниже опытах, если не оговаривается иное) с помощью ЛАТРа (РНО-250-20). Цепь замыкалась через пакетный выключатель с параметрами напряжения и тока в диапазоне 30–170 В и 50–100 А. В равновесном положении сдвоенного проводника ток включался на время ≈ 3 с. В момент включения всегда наблюдалось резкое изменение равновесия. В некоторых случаях подвешенный конец проводника поднимался, в некоторых – опускался. В момент выключения тока равновесие нарушалось более плавно, почти всегда подвешенным концом вверх, с амплитудой в 1,5–2 раза большей, чем при включении тока. В промежутке прохождения тока колебания около положения равновесия носили затухающий характер. Схема взвешивания

была чувствительной, до включения тока на экране были отчетливо отражены внешние сейсмические колебания. Действие стационарного внешнего магнетизма на проводник «бифилярной» конструкции с переменным током исключалось. Характер колебаний проводника до включения и в момент протекания тока всегда различался, возможно, косвенно указывая на искомый эффект. Электрокапиллярность в подвижном контакте создавала механический момент, который противодействовал отклонению проводника вверх при включении тока и отклонению вниз – при выключении. Этим отчасти объяснялась разница амплитуд колебаний в моменты замыкания и разрыва цепи. Однако оставалось без объяснения движение подвешенного конца вверх в момент включения тока, когда оно возникало противоположно направлению сейсмического колебания. Не более ясно происхождение стабильного движения подвешенного конца вверх при выключении тока. Максимумы амплитуды в моменты замыкания и разрыва цепи указывали на возможную связь с самоиндукцией. Если предположить, что действие против силы тяжести проводника в некоторой мере продолжалось после включения тока, то в момент выключения самоиндукция усиливала эффект, и он получал устойчивое наглядное проявление. Однако он оставался смешанным с действием электрокапиллярности. Очевидно, следовало интегрально накопить эффект по длине проводника, этим же увеличивалась бы инертность, демпфируя сейсмические колебания. Удлинить проводник и одновременно усилить индуктивность получалось присоединением к нему соленоидальной обмотки. На этой основе выполнялся описываемый ниже опыт.

Опыт 2. Алюминиевый провод из предыдущего опыта в месте изгиба разрезался пополам. Каждая половина соединялась с одним из двух одинаковых соленоидов с алюминиевой обмоткой. Соленоиды жестко скреплялись механически. Конструкция приобретала тяжесть и в подвешенном состоянии при разомкнутой цепи не отражала внешних сейсмических колебаний, оставаясь неподвижной. Каждый соленоид имел обмотку из двойного (разрезанного на концах для возможности изменения схемы соединений) алюминиевого провода диаметром 0,75 мм с эмалевой изоляцией. Длина одинарного провода обмотки соленоидов составляла 10 м. Обмотка выполнялась на картонный цилиндр высотой 115 мм, диаметром 25 мм и толщиной стенки 1,5 мм, в три слоя, с тонкой бумажной прокладкой между слоями. Раздельные двойные концы

обмотки выступали за обе границы противоположных оснований цилиндра на 18 см (для доступной смены контактных соединений). Через полые отверстия цилиндрические каркасы скреплялись между собой двумя тонкими полосками прессшпанового картона, выступающие концы которых туго обматывались хлопковой нитью. Для механической прочности поверх полосок накладывались две плоские палочки липового дерева размером 260x5x2,5 мм. Оба их конца, стянутые изоляционной лентой, выступали за границы каркасов. В каждом соленоиде выходной конец первого провода двойной обмотки соединялся с начальным концом второго провода, так что в одном и том же соленоиде ток проходил только в одинаковом направлении (в одной фазе) по одному и другому проводу обмотки. Свободный выходной конец второго провода обмотки одного соленоида подсоединялся к свободному выходному концу второго провода обмотки другого соленоида, в результате по двум соленоидам переменный ток шел в попарно противоположных направлениях (в противофазе). Суммарная длина проводов обмотки каждого соленоида составляла 20 м, двух соленоидов – 40 м. Длина одинарного провода, подводящего к ним ток от подвижного контакта, – 1,5 м, в сумме сдвоенные подводящие провода имели длину 3 м. Пара соленоидов посередине подвешивалась к центру радиально расположенных по потолку «нитей», тех же, что

в опыте 1. Половина их них стягивалась вдоль потолка в линию параллельную продольной оси сдвоенных проводов, подводящих ток к соленоидам. Эти провода равномерно подвешивались «нитьями» от стянутой под потолком линии (в зоне 50 см от подвижного контакта подвес не выполнялся). От противоположной половины радиальных «нитей» вблизи исходного центра выполнялся подвес внешнего конца пары соленоидов. Натяжение резинового подвеса демпфировало сейсмические колебания и механические моменты, но оставалось чувствительным к вертикальному действию на механическую конструкцию подводящих ток проводов с соленоидами. К внешнему концу палочек, выступавших из каркасов соленоидов, крепилась узкая коническая указка из бумаги с проклеенными краями. С конца указки свешивался проводок, горизонтальный изгиб которого помещался в фокусе между линзами того же диапроектора (рис. 2). Тот же ЛАТР посредством балластного сопротивления достигал рабочих параметров. Подвешенная конструкция выравнивалась вдоль горизонтальной оси сдвоенных проводов, продольные оси соленоидов были ей параллельны. Диапазон напряжения и силы тока, с которыми выполнялся опыт, включал значения:

$$(60\text{ В}, 26\text{ А}); (70\text{ В}, 32\text{ А}); (90\text{ В}, 35\text{ А}); \\ (140\text{ В}, 46\text{ А}); (170\text{ В}, 50\text{ А}). \quad (1)$$

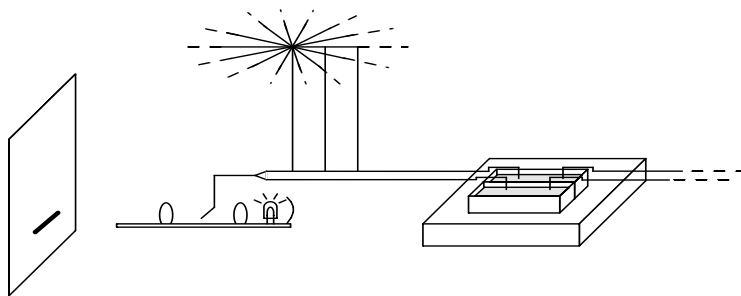


Рис. 1. Схема взвешивания сдвоенного проводника (опыт 1)

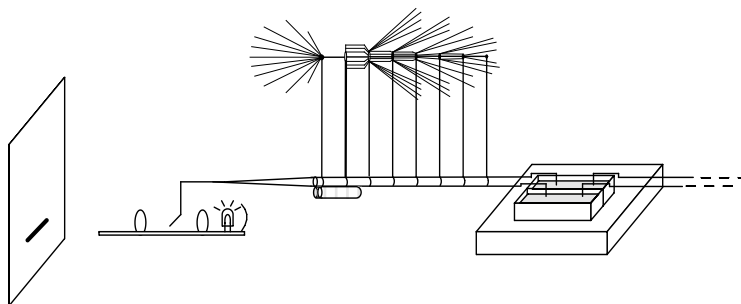


Рис. 2. Схема взвешивания сдвоенного провода с соленоидами (опыты 2, 3)

Цепь замыкалась на ≈ 3 с. Во всем диапазоне (1) устойчиво проявлялось искомое действие – в момент включения тока тень проводка на экране без видимой задержки начинала перемещаться по вертикали вниз. Она продолжала движение в том же направлении с постоянной скоростью до момента выключения тока. В силу обратной фокусировки линз это соответствовало подъему соленоидов вверх – против силы тяжести. Искомая вертикальная составляющая действовала на сдвоенный провод с соленоидами по направлению «кажущегося уменьшения их веса». В момент выключения тока тень с полным отсутствием видимой инерции застыла на достигнутом уровне. После выключения тока она очень медленно, со скоростью в десятки раз меньшей, чем скорость перемещения при прохождении тока, равномерно возвращалась вверх в начальное положение. Это соответствовало спуску соленоидов в исходное положение равновесия. Оставалось впечатление существенной инерционности убывания вертикального действия на провода с соленоидами после разрыва цепи. Восстановление исходного равновесия длилось 3–5 мин. Если прежде, чем начинало восстанавливаться исходное положение, ток снова включался на ≈ 3 с, то описанное явление воспроизводилось от точки останова. С теми же кинематическими характеристиками тень опускалась от зафиксированного положения так, как если бы ток включался первый раз. Если такие переключения выполнялись несколько раз, то ступенчатыми перемещениями, тень на экране проходила путь 1,5–2 м. Это соответствовало ступенчатому подъему соленоидов против силы тяжести – по направлению «кажущегося уменьшения их веса». По-прежнему вертикальная составляющая проявляла инерционность: в каждый момент выключения тока сдвоенный провод с соленоидами зависал, не падая вниз. Наиболее четко эффект проявлялся в диапазоне 60–80 В, хотя ясно наблюдался по всему диапазону (1). В различное время, без изменений описанного явления и без сбоев, опыт последовательно воспроизводился тридцать два раза.

Наиболее характерная особенность проявления вертикальной составляющей – зависание в каждый момент выключения тока и ступенчатый подъем в каждый последующий момент его включения, причем без изменения скорости по ступеням. Эта особенность совершенно исчезала при проведении контрольного опыта посредством изменения схемы соединения проводников на каждом соленоиде.

Опыт 3 (контрольный). При полном сохранении условий, схемы и параметров предыдущего опыта менялось контактное соединение сдвоенных проводников обмотки на соленоидах. Именно, на каждом соленоиде рядом расположенные выходные концы сдвоенных проводников соединялись между собой по схеме бифиляра – ток от конца одного проводника обмотки переходил на второй, рядом расположенный, конец другого проводника обмотки этого же соленоида (в этом случае термин «соленоид» берется в кавычки). Свободные концы проводников двух «соленоидов» соединялись между собой. В результате в каждом отдельном «соленоиде» ток протекал по схеме бифиляра и переходил с одного «соленоида» на другой в противофазе. Как и раньше, вся конструкция выравнивалась вдоль горизонтальной оси сдвоенных проводов. При замыкании цепи на ≈ 3 с эффект радикально менялся следующим образом. Непосредственно в момент включения тока возникало нарушение равновесия сдвоенных проводов с парой «соленоидов»: тень отогнутого проводка на экране опускалась вдоль вертикали вниз (и только вниз), примерно на 1,5 см, что означало малый подъем «соленоидов» вверх. Подъем продолжался короткий начальный промежуток времени и имел плавно замедляющийся характер. Уже в следующий момент, еще до выключения тока, наступал возврат к исходной точке покоя с небольшими затухающими колебаниями возле нее. В момент выключения тока повторялся эффект, наблюдавшийся при включении, с таким же опусканием тени на $\approx 1,5$ см. После выключения тока совершались колебания возле исходного положения равновесия, которые быстро затухали. Опыт без изменений и без сбоев воспроизводился 14 раз. Эффект наиболее четко выражался в диапазоне 80–90 В, слегка «размазывался» на выходе из границ этого диапазона и искажался при дальнейшем росте напряжения. Так или иначе, ослабленное проявление вертикальной составляющей оказывалось связанным с моментом самоиндукции.

Как следует из изложенного, эффект зависания и ступенчатого подъема полностью исчезал при описанном изменении исходной коммутации проводников на соленоидах.

Сопоставление основного и контрольного опытов. С учетом результатов опыта 3 причина действия на сдвоенный провод с соленоидами по направлению «кажущегося уменьшения веса» в опыте 2 не определялась электрокапиллярностью – в обоих опытах подвижный контакт не менялся, но результаты оказались принципиально

различными. Это действие не определялось также тепловой конвекцией – обмотка одинаково нагревалась в обоих опытах. Кроме того, причина действия не определялась конструкцией подводящих ток проводов и изоляционным материалом вследствие неизменности в обоих опытах. Зависание алюминиевых проводников при разрыве цепи нехарактерно для действия внешних электромагнитных наводок, оно нехарактерно также для действия местного магнетизма, – к соленоидам на расстояние до половины метра подносился ЛАТР при включенном токе из общей цепи, но это не приводило к заметным изменениям эффектов опытов 2, 3.

При дальнейшем сокращении расстояния конструкция притягивалась к ЛАТРу.

Можно было бы допустить сочетание внешних воздействий, вследствие которых возникало угловое натяжение «нитей» подвеса, создававших вертикальную составляющую. Однако тень на экране перемещалась по идеальной вертикали, без угловых и горизонтальных сдвигов, это означало отсутствие существенных угловых воздействий.

Проявлению «кажущегося уменьшения веса» в обоих опытах соответствовало действие в них электромагнитной индукции, различавшееся в качественном и количественном выражении. В опыте 3 соответствие выражалось в форме самоиндукции при замыкании и разрыве цепи. Бифилярная схема обмотки «соленоидов» в этом случае существенно снижала индуктивность по сравнению с однофазной схемой обмотки соленоидов в опыте 2. Разница индукции согласовывалась с различающимися эффектами.

Можно на время исследования предположить, что именно вихревые токи электромагнитной индукции подводящих проводов и обмотки при замыкании и разрыве цепи приводили к появлению вертикальной составляющей действия против силы тяжести.

Необходимо было дополнительно проверить, не было ли причиной «кажущегося уменьшения веса» сочетание неучтенных электромагнитных наводок, резонансных механических воздействий и натяжений «нитей» подвеса, в частности вследствие прямолинейного смещения конструкции вдоль оси подводящих ток проводников. Оно могло быть, если вообще было, достаточно незначительным в силу П-образной формы медных контактов, прорезью обходящих стенку ванночки с ртутью.

С целью исключения этих и других побочных эффектов следовало изменить схему взвешивания. В частности, в новой схеме формы подвижного электрического

контакта должны были исключать любое механическое смещение конструкции. Целесообразно было отказаться от резинового подвеса, что упростило бы проведение опыта вне помещения.

Как оказалось, ступенчатое действие вертикальной составляющей воспроизводилось и по описываемой в дальнейшем новой схеме.

Опыты по схеме рычажных весов. Ниже описываются опыты, выполненные в 2012–2016 гг. [4, 5]. Для исключения возможных побочных эффектов предыдущих опытов наиболее принципиален следующий опыт из числа проводимых по новой схеме. Подводящие ток прямолинейные алюминиевые провода диаметром кругового сечения 2 мм, каждый длиной 1,4 м, скреплялись парой параллельно, как в опытах 2, 3. Использовалась лакокрасочная изоляция, скрепление выполнялось равномерно по длине полосками конденсаторной бумаги, пропитанными суперклеем. Для компенсации влияния изгибов этих проводов на механическое поведение проводников выровненная вдоль оси скрепленная пара помещалась внутри легкого пластикового корпуса. Корпус имел форму усеченного конуса высотой 1,4 м, диаметрами оснований 4,5–11 м. Большим основанием конус был обращен к центру равновесия описываемой конструкции. Для большего противодействия влиянию прогибов и вибраций концы конического корпуса стягивались нейлоновой нитью от вертикальной стойки высотой 30 мм посередине корпуса. На конце конуса с меньшим основанием к проводам подсоединялась пара одинаковых соленоидов. Обмотка выполнялась из алюминиевого провода с эмалевой изоляцией диаметром кругового сечения 0,8 мм. У каждого соленоида обмотка состояла из двойного провода, разделенного на концах. Длина одинарного провода 10 м, двойного – 20 м, суммарная длина проводов обмотки двух соленоидов – 40 м. Слои обмотки разделялись бумажными конденсаторными прокладками, стянутыми вдоль витков нейлоновыми нитями. Каркасом для обмотки служил картонный цилиндр высотой 109 мм, его внешний диаметр – 22,7 мм, внутренний – 22 мм, масса – 4,25 г. Два соленоида скреплялись параллельно и фиксировались на конце пластикового корпуса монтажной пеной. На противоположном конце конического корпуса внутренние провода соединялись с переходниками, через которые осуществлялся контакт с медными токосъемниками (два отрезка цилиндрического провода). Токосъемники направлялись перпендикулярно продольной оси конуса (параллельно горизонталь-

ной плоскости соленоидов), в продолжении отгибались под прямым углом (перпендикулярно той же плоскости), и на концах снова ступенчато отгибались параллельно горизонтальной плоскости. В результате на концах они имели вид пары взаимно отвернутых латинских букв L, длина вертикальной части – 30 мм, горизонтальной – 8 мм. Отогнутые концы амальгамировались и вставлялись в амальгамированные круглые отверстия в верхних частях двух плоских медных пластин (штулок). Пластины фиксировались по вертикали параллельно друг другу в двух отдельных ячейках монолитного отфрезерованного органического стекла. Ячейки имели форму параллелепипедов с параллельными гранями в смежной части, каждая ячейка имела объем 20 см³. Внизу к пластинам подсоединялись медные кабели гибких подводных токов проводов. Для подвижного электрического контакта ячейки наполнялись ртутью до половины отверстий штулок (рис. 3). Соленоиды и корпус со сдвоенными проводами уравнивались в горизонтальном положении с помощью противовеса (цилиндрическая коробка с разновесками), который располагался на конце пластикового корпуса, служившего плечом рычага. Корпус имел ту же форму, размеры и материал, что и корпус с проводами, аналогично стягивался нейлоновой нитью. Оба корпуса вдоль общей продольной оси механически соединялись в центре равновесия через сплошной пенопластовый цилиндр диаметром 40 мм, высотой 25 мм. Вся установка была аналогична техническим весам рычажной конструкции: на одной «чаше» помещались соленоиды, на другой – противовес (рис. 3). Подвижный электрический контакт определял центр равновесия горизонтальной оси рычага (точку опоры «коромысла весов»). На конце плеча с противовесом подвешивался тонкий алюминиевый проводок, свободный конец которого отгибался под пря-

мым углом и помещался в фокусе между линзами диапроектора. Диапроектор был такой же, как в описанных выше опытах. Тень проводка между линзами фокусировалась на экране на удалении ≈ 5 м. Положение проводка на уравнивающем конце давало прямое соответствие направлений движения соленоидов и тени, которая теперь повторяла движение соленоидов вверх или вниз.

Опыт 4. Полностью копировалась схема соединения проводников обмотки соленоидов, выполненная в опыте 2. Именно, по обмотке каждого в отдельности соленоидов ток дважды проходил в одном направлении (в одной фазе), в паре скрепленных соленоидов – в попарно противоположном направлении (в противофазе). Плечи рычага уравнивались в горизонтальном положении. На ячейки с ртутью подавался переменный ток с параметрами из (1), однако в этой серии опытов ток не превышал 45 А. Цепь замыкалась на ≈ 2 с. Практически сразу (без видимой инерции) после включения тока, как показывало движение тени на экране, равновесие рычага нарушалось подъемом соленоидов вверх против силы тяжести. Из горизонтального положения рычаг непосредственно перевешивался в сторону «кажущегося уменьшения веса» соленоидов. После выключения тока он оставался в этом положении, не возвращаясь в равновесие, более 10 мин. Противовес рычага ощутимо противился попытке вручную вернуть рычаг в горизонтальное положение. Опыт воспроизводился 20 раз в различных помещениях и при различных направлениях продольной оси рычага. Эффект повторялся, даже если снизу к соленоиду подносилась стальная пластина массой 12 кг на расстояние от 1 м до 20 см. Создавалось впечатление, что действие против силы тяжести превосходит по величине влияние местного магнетизма и электромагнитных наводок.

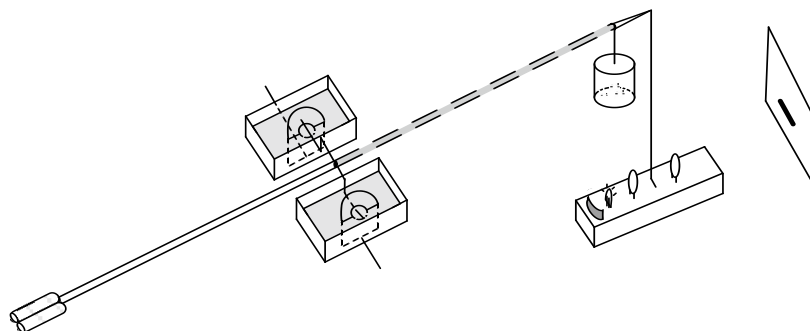


Рис. 3. Схема взвешивания сдвоенного провода с соленоидами в опытах 4, 5

Таким образом, в условиях исключения прямолинейного смещения конструкции вдоль оси подводящих ток проводников вертикальная составляющая действия на соленоиды по-прежнему сохранялась и действовала в направлении кажущегося уменьшения их веса.

Опыт 5 (контрольный). Полностью копировалась схема соединения проводников обмотки соленоидов, выполненная в опыте 3. Ток проходил по обмотке каждого в отдельности «соленоида» по бифилярной схеме. По обмоткам обоих скрепленных в паре «соленоидов» – в попарно противоположном направлении (в противофазе). При сохранении остальных условий и параметров опыта 4 переменный ток включался на ≈ 2 с. После включения тока, во время его прохождения и после выключения эффект «кажущегося уменьшения веса» полностью исчезал. По крайней мере, несколько минут рычаг неподвижно оставался в горизонтальном равновесии. Контрольный опыт повторялся 10 раз, приводя к одному и тому же результату. Равновесие не нарушалось совсем или обнаруживалось (почти случайно) только по истечении нескольких минут. Если по истечении этого времени горизонтальное равновесие все же нарушалось, то только противоположно силе тяжести «соленоидов» (по направлению «кажущегося уменьшения их веса») и никогда не нарушалось в обратном направлении.

Таким образом, при смене однофазного соединения пары проводников обмотки соленоида на противофазное (по схеме бифиляра) эффект безынерционного проявления вертикальной составляющей действия на соленоиды (опыт 4) фактически исчезал. Если он проявлялся, то крайне инерционно, со значительной задержкой времени после выключения тока, причем по-прежнему в направлении кажущегося уменьшения веса «соленоидов».

Обсуждение опытов 4, 5. В опыте 4 вертикальная составляющая действия на соленоиды сохранялась в направлении против силы тяжести. Отсюда следует, что она не происходила от механических особенностей резинового подвеса в предыдущих опытах. Кроме того, она оказалась совершенно не связанной с электрокапиллярностью, поскольку рычажная конструкция своим весом придавливалась через ртуть в местах подвижного контакта к основаниям и стенкам отверстий медных пластин. В наибольшей мере предположение о действии ртути как причине «кажущегося уменьшения веса» исключает различие эффектов в двух последних опытах при неизменности подвижных контактов.

Эффект опыта 4 воспроизводился даже тогда, когда до включения тока соленоиды априори перевешивали груз на другом конце рычага и стационарно находились ниже горизонтали, касаясь стола. При прохождении тока рычаг выравнивался в горизонтальное положение и конец с соленоидами поднимался вверх! Эффект опыта 5 в этом случае вообще не проявлялся – наклонное положение рычага при прохождении тока не менялось.

Очевидно и то, что наличие вертикальной составляющей нельзя приписать действию теплового потока воздуха от нагревания соленоидов: в опыте 5 происходило такое же нагревание обмотки, но эффект безынерционного «уменьшения веса» исчезал.

Оба эффекта опытов 4 и 5 единообразно объясняются предположением, что вертикальная составляющая порождалась действием вихревых электрических токов. При этом в опыте 4 это действие сильнее, и эффект был безынерционным. В опыте 5 оно ослаблено до явления только самоиндукции при замыкании и разрыве цепи. В этом случае действие не было постоянным, оно было импульсным. С учетом трения в месте подвижного контакта, в результате оно проявлялось в слабой форме, эффект был инерционным, однако все же проявлялся со значительной временной задержкой в виде перевеса рычага (в сторону уменьшения тяжести «соленоидов»).

Влияние внешнего магнетизма фактически исключалось, – ток был переменным, по обмоткам соленоидов и подводящим проводам шел в противофазе. Эффект опыта 4 воспроизводился, если ближе полуметра снизу к соленоидам подносились стальная пластина массой 12 кг. Влияние проводов, подводящих ток к емкостям с ртутью, проверялось непосредственно: их расположение менялось по разным направлениям плоскости и пространства, но на эффекте опыта 4 это не сказывалось. Необходимо учесть, кроме того, что в опыте 2 такая проводка располагалась в одной плоскости с взвешенной конструкцией, продолжала линию ее продольной оси (рис. 2), при этом была свернута в бифиляр во всем своем дальнейшем продолжении.

Специфику вносили два токосъемника. Они создавали момент, который препятствовал подъему соленоидов, если соленоиды перевешивали конец рычага ниже горизонтали. Аналогичный момент содействовал перевешиванию против силы тяжести, когда соленоиды поднимались выше горизонтали. Этим, помимо инерционности «кажущейся потери веса», и трением покоя в контактах объясняется, что рычаг не воз-

вращался в горизонтальное положение после выключения тока более 10 мин.

Ниже описываются варианты опытов, в которых трение покоя ослаблено, а «кажущееся уменьшение веса» как следствие самоиндукции всегда воспроизводилось.

Именно, в двух следующих опытах применялись те же соленоиды, та же схема взвешивания, которые были в двух предыдущих опытах, но с двумя изменениями. Для подвижного контакта использовались два прямолинейных амальгмированных медных стержня (цилиндрические проводники длиной 4 см, диаметром 2 мм) с иглообразно заточенными концами, которые располагались перпендикулярно продольной оси рычага и плоскости соленоидов. Их соединение со сдвоенными проводами в качестве токосъемников выполнялось через переходник из двух предшествующих опытов. Заостренными концами токосъемники опускались на середину дна небольших цилиндрических емкостей из монолитного органического стекла. Ток поступал через амальгмированные латунные электроды, закрепленные в дно цилиндров с внешней стороны. В точках контакта с токосъемниками (во избежание приваривания) дно покрывалось полированными стеклами оптических линз. Емкости имели высоту 1,5 см, диаметр 15 мм, ртутью наполнялись наполовину. Для оптического контроля в центре рычага прикреплялось плоское зеркальце 1х1 см, немного отклоненное отражающей поверхностью вверх. На штативе, удаленном от конструкции, крепился твердотельный лазер мощностью 15 Вт. Луч от него направлялся на зеркальце и отражался точкой на экране с противоположной соленоидам стороны рычага на расстоянии 5 м от конца. Движение соленоидов вверх или вниз отражалось движением точки в обратном направлении (рис. 4).

Опыт 6. Проводники обмоток соленоидов повторяли соединение по схеме опытов 2, 4. Рычаг с соленоидами и противовесом уравнивался в горизонтальном положении продольной оси. Цепь переменного тока с параметрами из (1), в этой серии опытов ток не превышал 43 А, замыкалась на ≈ 2 с. Сразу после включения тока, без видимой инерции, соленоиды перевешивались вверх противоположно силе тяжести и оставались в положении нарушенного равновесия. Они продолжали так оставаться после выключения тока не менее 10 мин, словно «кажущееся уменьшение их веса» восстанавливалось с сугубым замедлением. Эффект повторялся в 10 опытах подряд в разное время. Он устойчиво воспроизводился даже тогда, когда, не дожидаясь восстановления равновесия, добавляли небольшой перегруз, и соленоиды до включения тока были перевешены ниже горизонтального положения.

Как и прежде, выполнялся контрольный опыт.

Опыт 7 (контрольный). Проводники двойных обмоток соленоидов соединялись по бифилярной схеме опытов 3, 5. В остальном полностью сохранялись схема, параметры и компоненты предыдущего опыта. При замыкании цепи «соленоиды» продолжали сохранять полное равновесие, примерно около минуты. Затем все же перевешивались вверх противоположно силе тяжести. После выключения тока они оставались в положении нарушенного равновесия, как в опыте 6. Эффект устойчиво воспроизводился в 10 опытах подряд.

Опыты 4, 5 и 6, 7, как правило, выполнялись в диапазоне токов, не выходящих за пределы 46 А, 75 В. В опыте 6 повторялся эффект опыта 4, а в опыте 7 – эффект опыта 5, но с большей чистотой, благодаря повышенной чувствительности схемы взвешивания и оптического контроля.

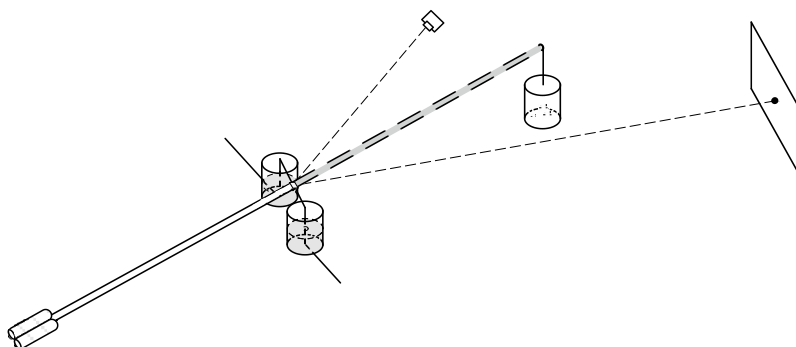


Рис. 4. Схема взвешивания сдвоенного провода с соленоидами в опытах 6, 7

Опыты 6, 7 воспроизводились в различных помещениях и вне помещения, на удалении от стен здания ≈ 6 м, при различных углах поворота в горизонтальной плоскости продольной оси рычага. Во всех случаях описанные эффекты не подвергались изменению.

Движение точки лазерного луча на экране не отклонялось от вертикали, что означало отсутствие проявлений горизонтальных (и угловых) составляющих действия на проводники и соленоиды. При удалении от стен здания экраном служила верхняя часть стены, и точка лазерного луча, не отклоняясь от вертикали, проходила путь около метра.

Таким образом, повышение чувствительности схемы взвешивания не изменило эффекта опытов 2, 4, приведя к безынерционному проявлению вертикальной составляющей в опыте 6.

С другой стороны, данное видоизменение схемы позволило наблюдать устойчивое проявление вертикальной составляющей в опыте 7: это проявление было инерционным, но с меньшей задержкой времени, в более наглядной форме, чем в опытах 3, 5, и, очевидно, устойчиво воспроизводимым.

Можно было наблюдать действие вертикальной составляющей на соленоиды, по-прежнему против силы тяжести, промежуточное по величине и инерционности между действиями в опытах 2, 4, 6, с одной стороны, и в опытах 3, 5, 7 – с другой. Для этого достаточно было изменить соединение проводников между двумя соленоидами, как описывается в следующем опыте.

Опыт 8. В условиях опыта 6 проводники двойных обмоток каждого из двух соленоидов в отдельности соединялись по схеме опытов 2, 4, 6. В описываемом опыте было внесено только то изменение, что переменный ток по обоим соленоидам пары проходил попарно в одном и том же направлении (в одной и той же фазе). В момент замыкания цепи некоторое время сохранялось равновесие, затем оно нарушалось противоположно силе тяжести соленоидов. Время сохранения равновесия было примерно втрое меньше чем в опыте 7, но принципиально больше чем в опытах 2, 4, 6, – эффект в этом случае отличался заметной инерционностью.

Опыт 8 показывает, что вертикальная составляющая по направлению «кажущегося уменьшения веса» соленоидов убывает по мере убывания индукции вихревых электрических токов (при сохранении других параметров опыта) и растет с ее возрастанием.

Из предыдущего и из опыта 8 дополнительно вытекает, что рассматриваемое явление не есть следствие внешнего элек-

ромагнитного воздействия, иначе оно должно было бы усилиться в опыте 8 при однофазном прохождении тока по обоим соленоидам, в то время как на самом деле ослабло. В опыте 8 два соленоида имели 40-метровую длину обмотки с однофазным переменным током, любая внешняя индукционная наводка должна была действовать на них сильнее, чем при раздельной конфигурации обмотки с противофазным током такой же силы.

В целом, поскольку в опытах с бифилярной схемой обмотки соленоидов эффект оказывался «пренебрежимо» малым по сравнению с опытами на основе соленоидальной схемы, очевидно, что главную часть вертикальной составляющей следует отнести к действию именно на соленоиды, а не на вдвоенные провода, подводившие к ним ток. Схема соединения последних в этих опытах оставалась неизменной.

Описываемые в дальнейшем опыты воспроизводили ступенчатое действие вертикальной составляющей против силы тяжести. Кроме того, на их основе получалась приближенная количественная оценка действия вертикальной составляющей.

Опыты с перевесом соленоидов и приближенная оценка действия против силы тяжести. За основу брался опыт 6 с сохранением всех компонентов, проводники обмотки соленоидов соединялись по схеме опытов 2, 4, 6, подвес при этом частично заимствовался из опыта 2 (рис. 5). Предварительно рычаг располагался по горизонтали вдоль продольной оси. Через точку вертикали, восстановленной от конца с соленоидами, в плоскости перпендикулярной продольной оси рычага, вдоль потолка на высоте 2 м 10 см натягивалась полоса эластичной тесьмы длиной 5,9 м (75% полиэфира, 25% латексной нити). Вдоль вертикали от центра полосы свешивались 3 резиновые «нити» длиной 80 см (эластомерная нить № 18, диаметр 1 мм). К нижним концам резиновых «нитей» подвязывалась нейлоновая нить (иначе от нагрева резина могла стать аморфной и «размазать» эффект), на которую прикреплялся конец плеча рычага с соленоидами. К соленоидам прикреплялся груз, и с помощью противовеса на противоположном конце рычага конструкция заново приводилась в горизонтальное положение вдоль своей продольной оси. При этом эластичная тесьма и «нити» находились в упруго натянутом состоянии.

Опыт 9. В состоянии горизонтального равновесия рычага к концу плеча с соленоидами дополнительно прикреплялась стальная шайба массой 0,3 г. Противовес утяжелялся меньшим грузом – массой 0,2 г.

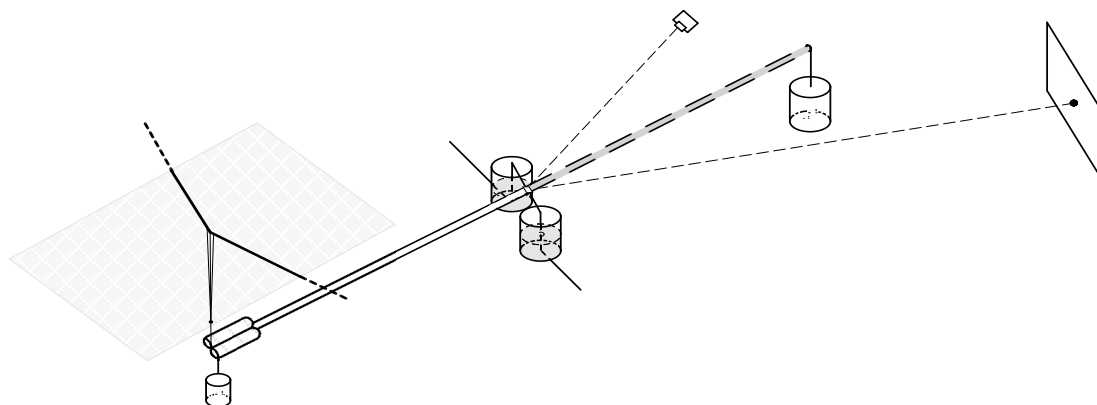


Рис. 5. Схема взвешивания вдвоенного провода с соленоидами в опытах 9–11

В результате возникал небольшой наклон рычага от горизонтали по направлению силы тяжести соленоидов, который фиксировался на экране точкой лазерного луча. Цепь переменного тока с параметрами 38–40 А, 80 В замыкалась на ≈ 2 с. С момента включения тока, без видимой инерции, рычаг равномерно поднимал дополнительный груз в горизонтальное положение. Это демонстрировало перемещение по вертикали точки лазерного луча на экране в обратном направлении. Длина пути перемещения до выключения тока составляла $\approx 2,5$ см. Видимая на экране длина пути была меньше, чем в опыте 2, вследствие, прежде всего, отсутствия оптического увеличения, кроме того, из-за большего веса рычага и более короткого периода замыкания цепи. В момент выключения тока движение точки на экране сразу прекращалось, вначале оно оставалось четко фиксированным в положении останова. Рычаг зависал, аналогично тому, как наблюдалось в опыте 2. Затем, через некоторое время, происходило медленное возвращение в исходное (наклонное) положение, установленное до включения тока. Процесс возвращения занимал ≈ 5 мин.

В следующем опыте начальный наклон был увеличен для увеличения длины пути на экране. Предполагалось выяснить, в какой мере на поведение вертикальной составляющей влияет инерционность рычага с грузами и периодическое переключение тока.

Опыт 10. На конце плеча с соленоидом прикреплялась еще одна шайба массой 0,3 г (в сумме масса дополнительного груза 0,6 г). Масса дополнительного груза противовеса также удваивалась. С этими грузами повторялся опыт 9, при этом все особенности предыдущего опыта проявлялись практически без изменений. Через небольшой промежуток времени, пока точка луча

на экране продолжала находиться в положении зависания, зафиксированном в первый момент после выключения тока, производилось повторное включение тока на ≈ 2 с. С момента второго включения, практически без инерции, рычаг продолжил равномерно подниматься, как показывало вертикальное перемещение точки на экране. Точка перемещалась от положения зависания точно так, как она перемещалась от исходного положения при первом включении тока. После выключения тока движение точки на экране сразу прекращалось, оставаясь в этот момент четко фиксированным теперь уже на второй (нижней на экране) позиции останова. Путь, который проходила точка на экране за время второго замыкания цепи, составлял $\approx 2,5$ см, как и при первом замыкании. Через некоторое время начиналось возвращение рычага в положение с наклоном. В исходное, установленное априори до первого включения тока положение, рычаг возвращался ≈ 10 мин.

Таким образом, наличие балластных грузов не внесло видимых изменений в поведение вертикальной составляющей и при этом не помешало проявиться ступенчатому эффекту ее действия против силы тяжести.

В следующем опыте в соленоиды вкладывались стальные сердечники для усиления индуктивности, соответственно увеличивался груз противовеса.

Опыт 11. Сохранялись все компоненты опыта 10, но изменения коснулись дополнительных грузов. Внутрь соленоидов по отдельности вкладывались два одинаковых стальных цилиндра высотой 79 мм, диаметром основания 3,5 мм, суммарной массой 11,5 г, как сердечники они усиливали индуктивность соленоидов. Каждый сердечник в сжатой поролоновой обкладке вставлялся внутрь соответственного соленоидов вдоль центральной оси каркаса. До-

полнительные грузы опыта 10 массой 0,6 г по-прежнему оставались прикрепленными на конце с соленоидами, при этом дополнительный груз противовеса, использованный в опыте 10, полностью заменялся новым – массой 9 г. Грузы создавали перевес соленоидов относительно горизонтали по направлению силы тяжести, что фиксировалось точкой лазерного луча на экране. Цепь замыкалась на ≈ 2 с, возросшее индуктивное сопротивление понизило силу тока до 35 А. Начиная с момента замыкания цепи, без видимой инерции, рычаг равномерно поднимал груз к горизонтальному положению, как показывало вертикальное перемещение точки на экране. До выключения тока точка проделывала путь сверху вниз $\approx 2,5$ см. После выключения тока движение точки на экране сразу прекращалось, оставаясь четко фиксированным в первый момент. Через небольшой промежуток времени, пока зависший рычаг еще не проявлял возвратное движение, выполнялось повторное включение тока на ≈ 2 с. С момента второго включения, практически без инерции, конец рычага с соленоидами и грузом продолжил равномерно подниматься. От своего второго положения точка на экране перемещалась вниз по вертикали $\approx 2,5$ см, точно так, как она перемещалась из исходного положения при первом замыкании цепи. После выключения тока движение рычага и точки на экране прекращалось, оставаясь в начальный момент четко фиксированным. Через некоторое время соленоиды с грузом начинали опускаться. Возврат в исходное, бывшее до первого замыкания цепи, положение на этот раз длился больше 10 мин.

Движение по направлению «кажущегося восстановления веса» отличалось несколько возросшей по сравнению с опытом 10 инерционностью! Вследствие увеличения начального веса, без учета искомой вертикальной составляющей, действовавшей против силы тяжести, должно было бы быть наоборот, – предмет большего веса труднее удерживать от свободного падения.

Численная оценка действия на соленоиды против силы тяжести. Условность этой оценки оговаривается ниже. При ее выполнении формально предполагается, что в опыте 11 начальное и конечное положение продольной оси рычага строго горизонтально, размеры и веса плеч совпадают. Иными словами, предполагается, что рычаг ведет себя как коромысло идеальных рычажных весов: какой груз положен на одну чашу весов, такой требуется положить и на другую, – для уравнивания рычага в горизонтальном положении.

В этих предположениях действие против силы тяжести соленоидов оценивается элементарно, но приближенно. Наклонное положение рычага возникало от дополнительного к соленоидам груза суммарной массой 12,1 г. На другом конце рычага действовал дополнительный к противовесу груз массой 9 г. Для выравнивания продольной оси рычага по горизонтали требовалось уравновесить их разность 3,1 г. Уравнивающий груз с такой массой можно добавить к противовесу. С другой стороны, напротив, его можно отнять от веса соленоидов с дополнительным грузом. Последняя операция численно эквивалентна «кажущемуся уменьшению веса» их обмотки. Суммарная длина обмотки двух соленоидов составляла 40 м и имела массу 58 г. В принятых предположениях «кажущееся уменьшение веса» обмотки эквивалентно потере $\frac{3,1}{58} \approx \frac{1}{19}$, или $\approx 5,34\%$ от ее исходного веса.

С точностью до погрешности входных данных, действие вертикальной составляющей против силы тяжести эквивалентно $\approx 5,3\%$ потери веса обмотки.

Оценка снизится, если предполагать, что наряду с обмоткой сердечники соленоидов также «теряли вес». Тогда действие вертикальной составляющей будет количественно эквивалентно потере $\frac{3,1}{69,5} \approx \frac{1}{23}$, точнее $\approx 4,46\%$ их общего исходного веса, или, с округлением, $\approx 4,5\%$.

Численное значение оценки условно в силу приближенности, практической невыполнимости формальных предположений, а также в силу ряда неучтенных физических воздействий. Так, не учтена неточность геометрического положения, инертность компонентов, вес и размеры плеч рычага. При проведении опытов по бифилярной схеме «кажущееся уменьшение веса» было относительно малым. Тем не менее действием на подводящие ток сдвоенные провода можно пренебречь лишь весьма условно. Помимо того, не учтено влияние теплового потока воздуха, внутренних и внешних механических и электромагнитных возмущений.

Формальная оценка могла бы возрасти при учете инертности каркаса, подводящих ток проводов, корпуса рычага. Чтобы переместить их из наклонного положения противоположно силе тяжести, необходимо преодолеть суммарную инертность (общая масса рычага с парой соленоидов без дополнительных грузов и противовесов составляла 185 г). На самом деле, инертность компенсировалась упругим натяже-

нием резинового подвеса, которое создавало устойчивое положение вынужденного наклонного равновесия. Чтобы подняться в горизонтальное положение, рычаг преодолевал практически скомпенсированную инертность, ею допустимо пренебречь.

Для полученной оценки принципиально, что потенциальное снижение эффекта от возмущений заведомо восполняется ступенчатыми «снижениями веса» при периодически повторяемых включениях тока. Вопрос о том, какого предельного значения может достигнуть «кажущееся уменьшение веса» соленоидов при продолжении ступенчатых переключений тока, остается открытым. Оценка может оказаться нижней границей «снижения веса».

Выполнялся ещё один опыт для выяснения вклада сердечников в «кажущееся уменьшение веса» соленоидов.

Опыт 12. Сохранялись все компоненты схемы опыта 11 за исключением следующих. С соленоидов снимались шайбы, и вместо стальных сердечников внутрь их каркасов по отдельности вкладывались две одинаковые деревянные палочки суммарной массой 16,7 г. Подвешенные по схеме предыдущего опыта соленоиды с дополнительным грузом уравнивались с помощью противовеса, чтобы продольная ось рычага располагалась по горизонтали. После этого с противовеса снимался груз массой 4 г. Создавался перевес соленоидов, фиксируемый точкой на экране: расстояние от точки горизонтального равновесия до точки перевеса составило 11,2 см.

С помощью различных комбинаций уравнивающих и дополнительных грузов можно было бы проверить, что возврат в горизонтальное положение требовал бы снятия с соленоидов груза именно массой 4 г. Чтобы не нарушить особенности подвеса, в данном случае такая проверка не выполнялась.

Вначале ток был включен и сразу выключен для контроля параметров, при этом он составил 50 А (увеличение произошло вследствие частичной потери индуктивного сопротивления после изъятия стальных сердечников). Точка на экране успела снизиться на 1 см. Затем ток был уменьшен до 37 А и «ступенчато» включался на ≈ 2 с три раза с паузами $\approx 4,5$ с.

В результате качественно воспроизводился эффект предыдущего опыта, включая зависания, однако возникли отличия. Расстояние на экране между двумя первыми переключениями (после начального) было меньше ≈ 2 см (возможно, от потери вклада в индуктивность стальных сердечников, но не исключено, что от понижения

силы тока). После третьего переключения оно возросло и продолжило расти без дополнительных включений тока – рычаг перешел через горизонтальное положение и непосредственно перевесился до упора противоположно силе тяжести соленоидов. Предположительно, повлияло начальное включение тока 50 А, а в заключительной стадии – механический момент, создаваемый токосъемниками.

Опыт 12 показал, что действие против силы тяжести в опыте 11 происходило не по причине намагничивания сердечников. В количественном эквиваленте действие против силы тяжести в опыте 12 равнялось снижению веса обмотки соленоидов на $\approx \frac{4}{58}$, или $\approx 6,9\%$.

Результаты изложенных опытов косвенно сопоставимы с наглядной оценкой прототипа – непосредственно в опыте М. Фарадея рычажок весов и прикрепленный к нему проводник при прохождении тока поднимались на $\approx 2,54$ см.

О природе «изменения веса» в опыте Фарадея. В предположении, что причина действия против силы тяжести проводников заключается в индукции вихревых токов, эффект рассматриваемого опыта [1, с. 218] можно объяснить следующим образом. В момент замыкания цепи в проводнике возникала самоиндукция. Ее действие имело вертикальную составляющую, направленную против силы тяжести подвешенного проводника. В опыте Фарадея проводник был медным, он с большей инерционностью сохранял «кажущуюся потерю части веса», более инерционно (по сравнению с алюминиевым проводником) ее восстанавливал. Наглядно выраженное «уменьшение веса проводника» получалось потому, что дополнительно со стороны подвижных контактов на проводник против тяжести действовала выталкивающая сила ртутти, возникшая вследствие электрокапиллярности. Таким образом, две силы складывались в одном направлении, противоположном силе тяжести. Не исключено, что с ними складывалась третья вертикальная составляющая, о которой Фарадей не пишет. Во второй половине статьи он более не упоминает о горизонтальном перемещении прямолинейного проводника под действием магнитного поля Земли. Между тем, если такое перемещение сохранялось, то оно создавало угловое натяжение шелковой нити от «чувствительного рычажка весов», которое необходимо имело вертикальную составляющую действия на проводник против силы тяжести. Это могло увеличивать высоту подъема проводника. Однако

рычажок не опускался, видимо, для «уменьшения веса» достаточно было первых двух сил, превосходящих в сумме третью.

Об аспекте связи гравитации и электромагнетизма. Вряд ли М. Фарадей случайно обратил внимание на «кажущееся уменьшение веса» проводника под действием электрического тока. Прежде данного опыта он провел серию экспериментов по поиску взаимодействия именно гравитации и электромагнетизма. Эта серия, по его признанию, не привела к положительному результату. Опыты серии и рассматриваемый опыт он объединял между собой. В заметке «О возможной связи тяготения и электричества» [7, с. 224] Фарадей пишет, что искал «на опыте доказательство связи между тяжестью и электричеством». Излагая суть экспериментов, окончившихся неудачей, он не относит к их числу опыт, которому посвящена настоящая статья. Однако в [1, с. 218] он говорит: «Как я писал на с. 211 этого тома, следует ожидать, что можно заставить провод, через который проходит ток гальванического электричества, подчиняться действию магнитных полюсов земли точно так же, как он подчиняется полюсам стержневого магнита. В последнем случае он вращается, а в первом он, как я предположил, будет менять свой вес; но попытки, которые я тогда делал для доказательства существования этого действия, оказались несостоятельными». Слова «будет менять свой вес» здесь не взяты в кавычки. Вероятно, все же, что Фарадей обратил внимание на неожиданное поведение проводника вследствие размышлений о связи гравитации и электромагнетизма. Это направление его исследований продолжает привлекать внимание [8].

В целом же, как хорошо известно, современные представления о связи гравитации и электромагнетизма не опираются на опыты Фарадея и исходят из положений теории гравитации [9]. Принятые положения формализованы на основе геометрии пространства, времени, тяготения в рамках общей теории относительности [10, 11]. Гипотетическая связь гравитационного и электромагнитного полей теоретически исследуется с помощью квантовых многомерных моделей [12–14]. Современное состояние исследований отличается высокой интенсивностью, приводит к уникальным экспериментам, включая открытие гравитационных волн [15]. Однако фокус исследований смещен на космические объекты [16]. Относительно физической природы гравитации макроскопических тел вопрос продолжает оставаться открытым. Экспериментально не исследована возможность изменения гравитационного поля тел

малых размеров в зависимости от взаимодействия с электромагнитным полем. Между тем М. Фарадей искал именно такое взаимодействие. Он опирался на модель близкодействия, согласно которой действие одного тела на другое передается через действие друг на друга элементов полей этих тел.

Элементы электромагнитного и гравитационного полей одного и того же тела, в данном случае проводника с электрическим током, могли бы взаимодействовать, если бы они имели одинаковую электромагнитную природу, а их объединение обладало бы различной структурой, соответственной разновидности поля. Структура поля здесь понимается как среднестатистическая взаимная ориентация элементов. В этом случае индукция электромагнитных вихрей могла бы нарушать структурные связи элементов поля гравитации (их взаимную ориентацию). В результате взаимодействие элементов с внешним гравитационным полем имело бы меньшую величину суммарного вектора, проявляющегося как вес проводника.

В макроскопическом пространстве элементы образуют статистически скомпенсированный электромагнетизм.

Физика не устанавливает принцип запрета на изменение гравитации отдельного макроскопического тела, и М. Фарадей мог быть первым, кто наблюдал это изменение в проводниках с электрическим током. Он оставил вопрос открытым, не имея на тот момент технических средств доказать факт этого изменения.

Из предложенного описания выполненных опытов следует, что сам по себе факт электромагнитной индукции не дает полного (гипотетического) объяснения наблюдавшихся особенностей поведения вертикальной составляющей. Этот факт может объяснять действия против силы тяжести разве лишь в момент самоиндукции при замыкании и разрыве цепи (опыты 1, 3, 5, 7). Но он не объясняет безынерционности и постоянства действия вертикальной составляющей против силы тяжести в зависимости от конфигурации соединения проводников, кроме того, инерционности возврата веса в опытах 2, 4, 6, а также в опытах 9–12. Необходимо принять во внимание, что в перечисленных опытах соленоиды были скреплены параллельно, а переменный ток, проходя в противофазе, имел частоту 50 Гц. Поэтому на элементы поля гравитации соленоидов оказывалось действие вихревых токов с периодическим постоянством при стандартной частоте. В результате возмущающее действие при прохождении тока было постоянным. Постоянство возмущаю-

щего действия могло приводить к гипотетическому изменению ориентации элементов и, соответственно, структуры поля гравитации соленоидов, а эффект изменения сам приобретал характер постоянства. Постоянное изменение наступало при максимальном сближении соленоидов в параллельном механическом скреплении. Без такого сближения эффект существенно ослаблялся (опыт 8). На практике нет технической необходимости для такого скрепления соленоидов, поэтому ослабленный эффект изменения веса в обыденности мог не замечаться. Восстановление структуры поля гравитации проводников и соленоидов (их веса) после окончания электромагнитного возмущения, может быть само по себе инерционно, как всё, что связано с гравитацией.

Можно дополнить сказанное формализованными трактовками закона Кулона и закона всемирного тяготения на гипотетической модели близкодействия.

К выводу закона Кулона на модели близкодействия. Модель основана на предположении, что наименьшим элементом близкодействия электрического поля (а также магнитного поля и поля гравитации) является устойчивая вращающаяся электрон-позитронная пара. Электрон в паре представляет собой замкнутый тороидальный вихрь, направленный вдоль окружности как оси вращения. Предполагается, что в данном состоянии рассматриваемые элементарные частицы взаимодействуют так, как если бы сохраняли закономерности электромагнитных полей макроскопических объектов. Электрон в данном состоянии обладает свойством кругового витка постоянного тока и имеет два противоположных магнитных полюса. Позитрон в паре находится в аналогичном состоянии с такими же двумя магнитными полюсами. Предполагается, что оба вихря механически вращаются в одинаковом направлении в параллельных плоскостях, расстояние между которыми соизмеримо с радиусом оси вращения (рис. 6, а). В этом случае они сохраняют также свойства токов взаимно противоположного направления (рис. 6, б), поэтому обращены друг к другу одноименными магнитными полюсами. Одноименная магнитная полярность исключает дальнейшее сближение, этим исключена возможность аннигиляции в паре. На взаимное отталкивание ориентированы, кроме того, вихревые витки, которые вращаются в одинаковом направлении по поверхности торцов. Это приводит к противоположности направлений элементов их токов на обращенных друг к другу сторонах (рис. 6). Электрон и позитрон пары притянуты друг к другу как разноименные электрические заряды.

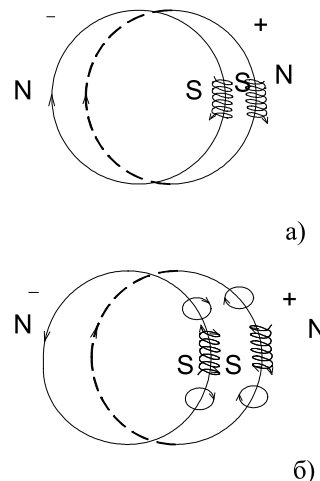


Рис. 6. Расположение магнитных полюсов в вихревой электрон-позитронной паре, механическая винтовая (а) и электрическая (б) ориентация вихревых витков на взаимное отталкивание

К предположению о существовании таких частиц можно дать следующее пояснение. Замкнутые электрон-позитронные вихри могли образоваться в момент зарождения вселенной. По известной теории вселенная представляла собой точечное образование сверхплотной бинарной жидкости. Затем последовал большой взрыв. В момент взрыва на сверхмалом пространстве замкнутые вихри формировались различными механическими способами, вихри электрона и позитрона оказались плотно прижатыми друг к другу. Те из них, которые при этом оказались взаимно обращены в паре противоположными магнитными полюсами, — аннигилировали. Сохранились лишь замкнутые вихри, свойства которых представлены выше.

Предполагается, что устойчивость паре придает сохраняемое в этом состоянии свойство электромагнитной индукции макроскопических объектов: индукция препятствует любому изменению магнитных полей круговых токов пары. Необходимо отметить некоторые особенности гипотетических пар. Они имеют диаметр существенно меньший диаметра свободного электрона. Это следует из того, что равнодействующая вихревых витков электрона (аналогично, позитрона) всегда направлена к центру оси вращения. Поэтому вихрь должен оказаться сжатым до «точечных» размеров. На относительно большом расстоянии пара воспринимается как электрически нейтральная (противоположные заряды складываются в нулевое действие). На таком же расстоянии пара

воспринимается как немагнитный объект (две пары противоположных магнитных полюсов сконцентрированы в одной «точке»). Поэтому рассматриваемый объект нейтрален по отношению к любому заряженному и намагниченному объекту, находящемуся на сравнительном удалении. Так, сдвоенный замкнутый вихрь должен восприниматься как электрически и магнитно нейтральный объект в межатомном и межмолекулярном пространстве, тем более, – на макроскопическом от него расстоянии. Поэтому объект не обнаруживает себя в известных взаимодействиях микро- и макромира. Следующее предположение заключается в том, что замкнутые сдвоенные электрон-позитронные вихри заполняют все вакуумное пространство вселенной, а также все свободное межатомное пространство вещества, где обладают «неограниченной» проникающей способностью. Вместе с тем на достаточно малом расстоянии друг от друга вихревые электрон-позитронные пары могут определять взаимную пространственную ориентацию. На их пространственную ориентацию влияет также заряд достаточно близко расположенного ядра атома и его магнитное поле. Аннигиляция различных пар исключена потому, что все они взаимно обращены одноименным магнитным полюсом. Это полюс один и тот же, – все те пары, у которых вовне был обращен противоположный полюс, аннигилировали.

При рассмотрении стационарного электричества замкнутые вихревые электрон-позитронные пары будут интерпретироваться как электрические диполи и обозначаться (e^-, e^+) . Пусть два точечных статических электрических заряда противоположных знаков величиной q_1 и q_2 располагаются в вакууме на неподвижных носителях на макроскопическом расстоянии R друг от друга, из них первый отрицателен и обозначается $-q_1$, второй положителен и обозначается $+q_2$. На заряд $-q_1$ в непосредственной близости от него диполи (e^-, e^+) реагируют, обращаясь к $-q_1$ положительным зарядом – позитроном e^+ . Аналогично, на заряд $+q_2$ в непосредственной близости от него диполи (e^-, e^+) реагируют, обращаясь к $+q_2$ отрицательным зарядом $-e^-$. В свою очередь каждый из диполей ориентирует соседний с ним диполь. В результате образуются силовые линии электрического поля между рассматриваемыми зарядами. Вдоль каждой силовой линии чередование зарядов примет вид

$$-q_1, (e^+, e^-), (e^+, e^-), (e^+, e^-), \dots, (e^+, e^-), (e^+, e^-), (e^+, e^-), +q_2. \quad (2)$$

Чередование (2) условно. Элемент силовой линии, предположительно, состоит из хаотичного набора подвижных электрон-позитронных вихрей, в котором доминирующая ориентация соответствует (2). Вероятность соответствия (2) любого сдвоенного вихря, принадлежащего силовой линии, в каждый момент времени больше $\frac{1}{2}$.

Модель близкого действия рассматривается в упрощенной форме. Пусть все силовые линии двух рассматриваемых зарядов попарно симметричны относительно линии центров. Симметричные элементы проектируются на линию центров так, что сумма проекций соответствует (2) (проекция векторов обратных направлений взаимно уничтожаются с проекциями векторов продолжений таких силовых линий до границ линии центров). В результате любой сколь угодно малый элемент суммы проекций всех силовых линий соответствует (2). Суммарный элемент действия единичного заряда вдоль линии центров обозначается df , где $f = f(r)$ – сила притяжения элемента к единичному заряду в составе $-q_1$ на расстоянии r от этого заряда. Реальное действие передается от одного такого элемента к другому, однако передача действия на конечный заряд, очевидно, будет терять величину на каждом передаточном элементе. Ниже принимается, что потеря действия обратно пропорциональна кубу расстояния с экспоненциальным весом. Точнее, предполагается, что элемент действия единичного заряда в составе $+q_2$, на единичный заряд в составе $-q_1$ на расстоянии r от последнего имеет вид

$$df = \left(\frac{k}{r^2} \times \frac{1}{e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr, \quad (3)$$

где k, k_0 – некоторые постоянные (в дальнейшем согласуемые с законом Кулона). Из (3)

$$df = \left(-\frac{2k}{r^3 e^{\frac{k_0}{r}}} + \frac{kk_0}{r^4 e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr. \quad (4)$$

Согласно (4) сила действия одного рассматриваемого (единичного) заряда на другой (единичный) на расстоянии R между ними по абсолютной величине выразится как интеграл

$$f = \int_0^R \left(-\frac{2k}{r^3 e^{\frac{k_0}{r}}} + \frac{kk_0}{r^4 e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr.$$

Отсюда

$$f = \frac{k}{R^2} \times \frac{1}{e^{\frac{k_0}{R}}} - \lim_{r_0 \rightarrow 0} \frac{k}{r_0^2} \times \frac{1}{e^{\frac{k_0}{r_0}}}. \quad (5)$$

В (5) вычитаемый предел равен нулю. Окончательно,

$$f = \frac{k}{R^2} \times \frac{1}{e^{\frac{k_0}{R}}}. \quad (6)$$

Из разложения экспоненты в ряд Лорана

$$e^{-\frac{k_0}{R}} = 1 - \frac{k_0}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{k_0}{R} \right)^2 - \frac{1}{2 \cdot 3} \left(\frac{k_0}{R} \right)^3 + \dots + (-1)^k \frac{1}{k!} \left(\frac{k_0}{R} \right)^k + \dots \quad (7)$$

с учетом знакопеременности ряда получится, что модуль разности между законом обратных квадратов (f_K) в канонической форме и выражением (6) составит

$$|f - f_K| = O\left(\frac{1}{R^3}\right). \quad (8)$$

Выражение (6) дает действие единичного заряда в составе $+q_2$ на единичный заряд в составе $-q_1$. Действие всех зарядов в составе $+q_2$ на единичный заряд в составе $-q_1$ увеличит правую часть (6) в q_2 раз, поскольку они действуют параллельно вдоль линии центров. Аналогично, эта сила увеличится в q_1 раз с учетом всех единичных зарядов в составе $-q_1$. В результате получается следующий аналог закона Кулона:

$$F_{q_1 q_2} = \frac{k}{R^2} \times \frac{q_1 \cdot q_2}{e^{\frac{k_0}{R}}}. \quad (9)$$

Поскольку R в (9) – макроскопическое расстояние, измеренное в единицах микромира, то в изложенных рассуждениях его можно считать «сколь угодно большим».

В этом случае $e^{\frac{k_0}{R}} \approx e^0 = 1$. Можно было бы это значение не учитывать, заменив единицей. Остается выбрать исходный коэффициент в виде $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, где ϵ_0 – электрическая

постоянная, чтобы получить закон Кулона. Нелишне, однако, заметить, что кулоновское выражение содержит проблему нуля в знаменателе: $F_{q_1 q_2} = k \times \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$. Если знаменатель стремится к нулю, сила взаимодействия любых двух конечных зарядов стре-

мится к бесконечности, в реальности такой феномен не наблюдается. В то же время выражение в форме (9) в пределе обращает эту силу в ноль на формально нулевом расстоянии между зарядами, что соответствует переходу к физическим параметрам и единицам измерения микромира.

Случай одноименных зарядов рассматривается аналогично, необходимые изменения не приводят к принципиальным затруднениям.

К выводу закона всемирного тяготения на модели близкого действия. Можно построить аналог вывода закона Кулона для гравитационного взаимодействия двух точечных тел массой m и M , если гипотезу о структуре вакуума распространить на структуру вещества. Будет предполагаться, что нуклоны атомных ядер состоят из таких же замкнутых вихревых электрон-позитронных пар, которые заполняют вакуумное пространство, в этом предположении нуклон имеет форму шара, замкнутые вихревые пары располагаются равномерно по его сферической поверхности. Пусть вначале рассматривается нейтрон. Его электрическую нейтральность обуславливает следующая особенность структуры. Оси вихревых электрон-позитронных пар нейтрона попарно повернуты друг относительно друга на 180° , чередуя на внешней стороне поверхности заряды $+$ и $-$ в порядке шахматной доски:

$$\begin{array}{cccc} + & - & + & - \\ - & + & - & + \\ + & - & + & - \\ - & + & - & + \end{array} \quad (10)$$

Под каждым $+$ из (10), расположенным на внешней стороне поверхности нейтрона, с обратной стороны этой поверхности, вдоль оси электрон-позитронной пары, располагается сдвоенный с ним $-$ и, аналогично, под каждым $-$ располагается сдвоенный с ним $+$. Оси располагаются радиально к центру нейтрона. Пары удерживаются на поверхности взаимным притяжением электрических зарядов, а также вихревых витков, которые в данном расположении направлены на притяжение на участках «касания». Кроме того, вихревые пары попарно чередуют смещение вдоль осей к центру нейтрона и обратно, усиливая взаимное притяжение за счет смещения внешних магнитных полюсов соседних пар к внутренним, им противоположным. Предполагается, что протон возникает из нейтрона вследствие того, что чередование (10) на поверхности нейтрона является

однажды нарушенным относительно расположения отрицательных зарядов:

$$\begin{array}{cccc} + & - & + & - \\ - & + & - & + \\ + & - & (-) & - \\ - & + & - & + \end{array} \quad (11)$$

Соседние отрицательные заряды выталкивают лишний заряд (–), восстанавливая расположение (10). Но тогда на поверхности остается нескомпенсированный позитрон с зарядом (+) в состоянии устойчивого замкнутого вихря. В результате нейтрон распадается на протон и электрон, протон остается с зарядом по модулю равным заряду позитрона. Эта реакция известна как β -распад – в свободном состоянии нейтрон примерно через 15 мин распадается на протон, электрон и электронное антинейтрино: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + e^- + \bar{\nu}_e$. После этого протон остается в абсолютно устойчивом состоянии.

Можно допустить, что в ядре атома образовавшийся заряд протона (+), будучи нескомпенсированным, ориентируется

на зону отрицательного участка поверхности нейтрона вокруг (–), как иллюстрирует (11). Все вместе это влечет особенности ядра, на основе которых объясняется равенство модулей зарядов протона и электрона, происхождение орбитальных электронов, равенство их количества числу протонов, наглядно объясняется естественная радиоактивность, с некоторыми оговорками – искусственная радиоактивность. Ниже эти аспекты не обсуждаются.

Принимается, что нейтроны и протоны (нуклоны) ядра с данной гипотетической структурой в непосредственной близости от себя ориентируют вихревые электрон-позитронные пары пространства. На поверхности нуклона присутствуют магнитные полюса одного типа (внешние полюса замкнутых вихревых пар). Пусть, условно, это полюса N , как на рис. 6. В этом случае ближайшая к полюсу N замкнутая вихревая пара пространства повернется сдвоенным внутренним полюсом S . В свою очередь, к ее сдвоенному полюсу S соседняя с ней пара повернется полюсом N . В продолжение процесса получится цепочка вида

$$\begin{array}{ccccccc} N & & N & & N & & \\ S & & S & & S & & \\ (n)NSSN & NSSN & \dots & NSSN & NSSN & NSSN & (n). \end{array} \quad (12)$$

$$\begin{array}{ccc} S & S & S \\ N & N & N \end{array}$$

В скобках обозначено положение начального и конечного нуклона атомов двух тел, между которыми протянулась цепочка сдвоенных вихрей. Изображение (12) условно, как ранее изображение (2). На самом деле в промежутках между ортогональными комбинациями полюсов может оказаться не одна комбинация полюсов вихревой пары $NSSN$, а несколько таких последовательных комбинаций – по причине взаимной ориентации согласно зарядам по типу (2). Если эти заряды справа от ортогональной комбинации заканчивались знаком +, то наиболее вероятно, что слева цепочка продолжится знаком – вследствие притяжения противоположных зарядов. Однако притяжение зарядов ослаблено расстоянием, и не исключено, что комбинация полюсов $NSSN$ развернется на 180° . Это означает, что продольные элементы цепочки могут иметь различную ориентацию зарядов типа (2). В результате сила, с которой действует один элемент цепочки на конечный объект, будет существенно слабее (ввиду вероятного про-

тивовоздействия промежуточных элементов), чем это было в случае кулоновского взаимодействия. У протона образуются аналогичные цепочки, но среди них могут быть и те, которые начинаются с продольной (а не ортогональной) комбинации $NSSN$, по причине наличия у него заряда +. В дальнейшем цепочки примут вид, аналогичный (12).

Можно заметить, что расположение вдоль поверхности нуклона комбинаций полюсов вида (12) делает нейтрон объектом со скомпенсированным магнетизмом, а протон – со скомпенсированным в некотором соответственном приближении.

За силовую линию гравитации точечного тела принимается комбинация замкнутых вихревых электрон-позитронных пар, образующих цепочку вида (12). В реальности у цепочки могут быть ответвления, продолжающие ортогональные комбинации полюсов. Это дополнительно ослабляет передачу действия вдоль силовой линии. Как и в случае электростатических силовых линий, элемент силовой линии гравитации состоит

из хаотичного набора подвижных замкнутых электрон-позитронных вихрей, в котором доминирующая магнитная ориентация соответствует (12). Действие всегда направлено на взаимное притяжение начального и конечного объектов, вероятность нахождения любого элемента силовой линии в положении из (12) в каждый момент времени больше $\frac{1}{2}$.

Наименьшие элементы силовых линий статического электричества и гравитации в данных предположениях одни и те же, механизм передачи действия от элемента к элементу сохраняется, передача действия в этих двух полях различается только значениями коэффициентов пропорции. Можно повторить рассуждения, проделанные для закона Кулона, заменив заряды $-q_1$ и q_2 на два точечных тела, с массами m и M , на макроскопическом расстоянии R друг от друга. Пусть сила притяжения их компонентов единичной массы обозначена F . Элемент действия единичной массы из состава m на единичную массу из состава M на расстоянии r от последней имеет вид, аналогичный (3). Поэтому, аналогично (4), можно записать

$$dF = \left(-\frac{2K}{r^3 e^{\frac{k_0}{r}}} + \frac{KK_0}{r^4 e^{\frac{k_0}{r}}} \right) dr, \quad (13)$$

где K и K_0 не определенные постоянные. Из (13) следуют аналоги (5), (6). В результате

$$F = \frac{K}{R^2} \times \frac{1}{e^{\frac{K_0}{R}}}. \quad (14)$$

Отсюда, по аналогии с (9),

$$F_{mM} = \frac{K}{R^2} \times \frac{m \cdot M}{e^{\frac{K_0}{R}}}. \quad (15)$$

Из соображений, которые приводились для закона Кулона, R можно считать сколь угодно большим, измеренным в единицах микромира, значение $e^{\frac{K_0}{R}}$ можно приближенно заменить единицей. Остается априори выбрать $K = \gamma$, где γ – гравитационная постоянная, чтобы получить закон всемирного тяготения: $F_{mM} = \gamma \times \frac{m \cdot M}{R^2}$. Но, как и в случае закона Кулона, в этом случае не решается проблема нуля в знаменателе: два тела конечной массы в реальности не притягиваются с бесконечной силой на нулевом расстоянии друг от друга. В то же время формула (15) в пределе обращает эту силу

в ноль с переходом к физическим параметрам и расстояниям микромира.

По аналогии с (6)–(8), можно утверждать, что модуль разности между канонической силой притяжения $F_{mM(grav)}$ и получаемой из (15) имеет порядок $O\left(\frac{1}{R^3}\right)$. Взяв аналог ряда Лорана (6) для экспоненты в рассматриваемом случае, можно получить оценку

$$|F_{mM} - F_{mM(grav)}| = O\left(\frac{1}{R^3}\right) + O\left(\frac{1}{R^4}\right). \quad (16)$$

Конкретные значения коэффициентов в правую часть (16) подставляются, на основе данного аналога ряда (6). Скорректированная запись закона всемирного тяготения примет вид

$$F_{mM} = \gamma \times \frac{m \cdot M}{R^2} + \frac{k_2}{R^3} + \frac{k_3}{R^4}. \quad (17)$$

Форму закона (17) предлагал использовать Ньютон, на этой форме настаивал Даламбер, такую форму дважды использовал Клеро для вычисления аномалий лунной орбиты [17]. На основе аналога (6) можно получить дополнительные уточнения правой части (17).

Нельзя не отметить другие важные аналоги предложенной модели. Существование электрон-позитронных пар как среды вакуума предполагалось в «дырочной» теории П. Дирака. С поправкой Г. Вейля электрону с отрицательной энергией в структуре вакуума соответствовал позитрон с положительной энергией. В этом аспекте не исключено, что уравнения квантовой механики могут модифицироваться с сохранением интерпретаций и выводов, если электрону и позитрону приписать рассмотренные закономерности. Трактовка электрона и позитрона как устойчивой пары с нейтральным в сумме зарядом и магнитным полем позволяет обойти проблему нулевого заряда вакуума, как и проблему аннигиляции, не известную на момент создания теории Дирака.

В силу ориентируемости и близкодействия рассматриваемые электрон-позитронные пары вакуумного пространства определяют среду передачи электромагнитных волн, на это почти непосредственно указывает распад кванта волны (γ -кванта) при столкновении с веществом на электрон и позитрон: $\gamma \rightarrow e^- + e^+$, хорошо известна также обратная реакция.

Помимо отмеченных аналогий, предположение о замкнутых вихревых электрон-позитронных парах приводит к трактовке механизма близкодействия в концепции

М. Фарадея. В аспекте проделанных опытов трактовка позволяет понять механизм изменения поля гравитации при взаимодействии с электромагнитным полем: если эти поля состоят из одинаковых элементов, то возмущение посредством электромагнитной индукции положения элементов в силовых линиях нарушает взаимную ориентацию элементов и структуру поля. Соответственно увеличиваются потери количества действия при передаче от элемента к элементу, в сумме уменьшается сила гравитационно-притяжения.

Об уточнении опытов. В какой мере достоверно изложенное ранее объяснение описанных опытов – вопрос дальнейших исследований. Целесообразно выполнить эксперименты с проводниками, обладающими меньшим удельным весом, например, из сплавов алюминия и бериллия (для увеличения отношения силы тока к удельному весу). По схеме рычажных весов (опыты 4–7) такие эксперименты можно провести в вакуумном боксе на большом удалении от источников электромагнитных наводок. Необходимо выяснить особенности поведения тяжелых проводников, например, из меди, золота и тяжелых сплавов (для этого подойдет схема опытов 9–12). Не исключено, что последние могут интегрировать эффект не только по длине, но и по весу проводника, или особо проявлять инерционные свойства. Необходимо выяснить, как влияют на эффект различные комбинации частоты тока, включая сверхвысокую частотность, сплавы и композиты с наибольшим проявлением вихревых токов электромагнитной индукции. Требуется исследовать различные (в том числе длительно повторяющиеся) периоды замыкания цепи в ступенчатых эффектах снижения веса.

Заключение

Исследования опытов М. Фарадея с «кажущимся изменением веса» проводников при прохождении электрического тока проводились с целью показать независимость этого явления от внешнего электромагнетизма, воздушной конвекции и побочных эффектов, включая электрокапиллярность в области подвижного контакта. Экспериментально показано, что в доступных условиях устойчиво воспроизводится реальное действие на проводники и соленоиды с переменным током, направленное против силы их тяжести. Выделена вертикальная составляющая действия, механически эквивалентная уменьшению их веса при про-

хождении тока. Это действие количественно равносильно снижению более $\approx 4,5\%$ веса обмотки соленоидов. В границах применения элементарных технических средств были устранены внешние и местные действия, которым можно было бы приписать уменьшение тяжести проводников и соленоидов, но это явление продолжало устойчиво сохраняться. Можно предположить, что М. Фарадей наблюдал реальное изменение веса проводников, а в описанных экспериментах наблюдалось реальное изменение веса соленоидов.

Список литературы

1. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 538 с.
2. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера: 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1983. 400 с.
3. Ромм Я.Е. О возможном изменении веса проводников при прохождении через них электрического тока. I. ТРТИ. Таганрог, 1987. 33 с. Деп. в ВИНТИ 3.12.87, № 8498-B87.
4. Ромм Я.Е., Ерохин Н.Ф. Нарушение положения покоя пары уравновешенных соленоидов при прохождении по ним переменного тока. ТГПИ. Таганрог, 2014. 24 с. Деп. в ВИНТИ 24.06.2014, № 178-B2014.
5. Ромм Я.Е., Ерохин Н.Ф. Видоизменения опыта Фарадея по влиянию земного магнетизма на проводники с током с механическим проявлением уменьшения веса. Таганрог: ин-т имени А.П. Чехова (филиал) ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)». Таганрог, 2016. 42 с. Деп. в ВИНТИ 12.08.2016, № 108-B2016.
6. Ромм Я.Е., Ерохин Н.Ф. О «кажущемся изменении веса» в опытах Фарадея по влиянию земного магнетизма на проводники с электрическим током // Sciences of Europe. 2017. Т. 1. № 14. Р. 86–98.
7. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 836 с.
8. Andrew N. Adler. Michael Faraday's Electrogravity. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.scribd.com/doc/58504789/> (дата обращения: 16.08.2020).
9. Иваненко Д.Д., Сарданашвили Г.А. Гравитация. М.: Изд. ЛКИ, 2010. 200 с.
10. Александров А.Н., Вавилова И.Б., Жданов В.И. Общая теория относительности: признание временем. Киев: Наукова думка, 2015. 332 с.
11. Will C.M. The Confrontation between General Relativity and Experiment. Living Reviews in Relativity. 2014. Vol. 17. No. 4. DOI: 10.12942/lrr-2014-4.
12. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Т. 2. Современные приложения. М.: Физматлит, 2015. 528 с.
13. Kiefer C. Quantum gravity. International series of monographs on physics. 3rd edition. Oxford: Oxford University Press, 2012. P. xii, 393 p.
14. Modesto L. Super-renormalizable Multidimensional Quantum Gravity. Astron. Rev. 2013. Vol. 8. No. 2. P. 4–33.
15. Jorge L. Cervantes-Cota, Salvador Galindo-Uribarri, George F. Smoot. A Brief History of Gravitational Waves. Universe. 2016. Vol. 2. P. 22. DOI: 10.3390/universe2030022.
16. Бисноватый-Коган Г.С. Релятивистская астрофизика и физическая космология. М.: КРАСАНД, 2010. 376 с.
17. Идельсон Н.И. Этюды по истории небесной механики. М.: Наука, 1975. 496 с.