

УДК 537.813

ДИХОТОМИЯ В ОБЪЯСНЕНИИ МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ М. ФАРАДЕЯ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

Глушко Владимир Павлович, директор ТОО «Физико-техническая лаборатория Глушко»

Глушко Владимир Владимирович, старший научный сотрудник ТОО «Физико-техническая лаборатория Глушко»

Глушко Виталий Владимирович, старший научный сотрудник ТОО «Физико-техническая лаборатория Глушко»

Аннотация

Статья содержит экспериментальные доказательства отсутствия вихревого электрического поля в явлении электромагнитной индукции Фарадея при относительном движении магнита и проводника в лабораторной системе отсчёта. Электродинамические силы, возникающие при относительном движении заряженной частицы и магнитного поля, являются силами взаимодействия, то есть образуются только в местах контакта частицы с магнитным полем. Физического носителя этих сил нет в точках пространства где нет магнитного поля, например, вокруг изменяющегося во времени магнитного потока. Таким образом существующая проблема дихотомии электромагнитной индукции, появляющаяся между трактовками физической сущности индукции, данными Д. Максвеллом и М. Фарадеем, разрешена в пользу М. Фарадея. Выявленное обстоятельство позволяет различать два волновых процесса, реализующихся в физическом вакууме в виде магнитных и электрических волн. Первые из них представляют собой поперечные волны, тогда как вторые являются продольными волнами, причём их скорость на порядки превышает скорость поперечных волн.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: релятивизм, электромагнетизм, электромагнитная индукция М. Фарадея и Д. Максвелла, дихотомия, магнитные и электрические волны.

DICHOTOMY IN EXPLANATION OF THE MECHANISM OF ELECTROMAGNETIC INDUCTION ACCORDING TO M. FARADAY AND ITS IMPLICATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF CONTEMPORARY PHYSICS

Glushko Vladimir Pavlovich, director of TOO "Glushko Physics and Technics Laboratory"

Glushko Vladimir Vladimirovich, senior researcher at TOO "Glushko Physics and Technics Laboratory"

Glushko Vitaliy Vladimirovich, senior researcher at TOO "Glushko Physics and Technics Laboratory"

Abstract

The article contains experimental proofs of the absence of a vortex electric field in the phenomenon of Faraday's electromagnetic induction under relative motion of a magnet and a conductor in the laboratory reference system. Electrodynamical forces arising from the relative motion of a charged particle and a magnetic field are forces of interaction, that is, they are formed only at the points of contact of a particle with a magnetic field. The physical carrier of these forces is not present in points of space where there is no magnetic field, for example, around the time-varying magnetic flux. Thus, the existing problem of the dichotomy of electromagnetic induction, appearing between the interpretations of the physical essence of induction, given by D. Maxwell and M. Faraday, is resolved in favor of M. Faraday. This circumstance makes it possible to distinguish two wave processes realized in the physical vacuum in the form of magnetic and electric waves. The first of them are transverse waves, while the latter are longitudinal waves in a physical vacuum.

KEYWORDS: relativism, electromagnetism, electromagnetic induction according to M. Faraday and J. Maxwell, dichotomy, magnetic and electric waves.

Небольшой экскурс в историю теории электромагнитного поля

Общеизвестно, что Дж. Максвелл перевёл в математическую форму записи практически все известные результаты экспериментальных работ по электромагнетизму, которые были выполнены М. Фарадеем. Однако, в процессе обобщения опытных данных и на основе известных математических теорем, а также идеи симметрии системы алгебраических соотношений, Дж. Максвелл получил несколько математических выражений (уравнений), которые можно было трактовать лишь как новые электромагнитные явления. Эти физические эффекты не были известны науке тех лет и не присутствовали в описании экспериментальных работ у самого М. Фарадея.

«На кончике пера» были открыты так называемые: «токи смещения», «вихревое электрическое поле» и «электромагнитные волны». Научной общественностью ставилась под сомнение реальность существования названных явлений в том виде, как они были первоначально заявлены Дж. Максвеллом, как в те года, так и в настоящее время. Данное обстоятельство отмечали ведущие учёные тех лет (да и современные исследователи), и оно было связано не только с новизной теории, но и с теми логическими ошибками, непоследовательностью рассуждений, а то и с просто интуитивными вольностями, которыми «грешил» труд великого ученого. Поэтому современники Дж. Максвелла придерживались тезиса, выдвинутого Г. Герцем в 1890 г.: *«Поскольку рассуждения и подсчеты, с помощью которых Максвелл пришел к своей теории электромагнетизма, полны ошибок, которые мы не можем исправить, примем шесть уравнений Максвелла как исходную гипотезу, как постулаты, на которые и будет опираться вся теория электромагнетизма»*. И, тем не менее, высоко оценивая заслуги Дж. Максвелла перед физикой, Г. Герц утверждал: *«Главное в теории Максвелла — это уравнения Максвелла»* [1, с. 286, 288, 291].

Если М. Фарадей полагал, что при пересечении проводником (замкнутого измерительного контура) силовых линий магнитного поля, в точках пересечения поля и проводника на свободные заряды проводника действуют силы со стороны поля, приводящие к возникновению электрического тока в контуре. Эти силы локальны и возникают только в тех частях проводника, которые в данный момент времени пересекают магнитное поле. В тех же местах проводников измерительного контура, которые движутся за пределами магнитного поля, указанных сил нет.

Тогда как Дж. Максвелл утверждал, что любой переменный во времени магнитный поток со всех сторон охватывается переменным вихревым электрическим полем. Переменное вихревое электрическое поле возникает в пространстве вне объёма, занимаемого самим магнитным потоком, и оно существует независимо от того есть ли в этом объёме

пространства проводники измерительного контура или свободные электрические заряды, или их нет.

Сопоставление описанных выше двух механизмов электромагнитной индукции указывает на их принципиальное различие. В первом случае – это силы взаимодействия между зарядами и магнитным полем, которые находятся в относительном движении. Во втором случае – взаимодействие зарядов с переменным вихревым электрическим полем, причём взаимодействие может происходить и вне пределов объёма магнитного потока.

В истории электродинамики не найти объяснений факту, что никто из исследователей не стал выяснять причин этой двойственности в описании механизма электромагнитной индукции. И более того, никто не стал разбираться в происхождении несоответствия формулы Дж. Максвелла механизму индукции, который был предложен самим М. Фарадеем.

Проблема дихотомии не исследована, а она включает в себя решение нескольких важнейших физических задач электродинамики. В их список включены: вопрос выбора конкретного механизма реализации электромагнитной индукции М. Фарадея; вопрос реальности существования вихревого электрического поля (основной компоненты электромагнитных волн); вопрос адекватности (правильности) математического отображения формулой самого явления электромагнитной индукции М. Фарадея и т.п.

Более того, не решена проблема обоснованности использования принципа относительности в самой электродинамике [2, с. 7, с. 25], как основного положения связанного с проявлением электромагнитной индукции, которая возникает не только в связи с вопросом о дихотомии механизмов индукции М. Фарадея и Дж. Максвелла, но и со многими другими известными парадоксами электродинамики [4, 5].

Предлагаемое решение проблемы дихотомии

Анализ обозначенной проблемы указывает на то, что она может быть разрешена только с помощью прямых экспериментов, поскольку различного рода теоретические спекуляции (логические построения, умозрения) лишь более её запутают. Иными словами, нужны прямые вопросы к самой природе, поставленные в виде целенаправленных экспериментов.

1. Рассмотрим два случая проявления электромагнитной индукции, на которые ссылается А. Эйнштейн в «Ведении» к СТО [2, с. 7], связанные с относительным движением магнита и проводника (см. рис. 1 и рис. 2) На рисунках изображен кольцеобразный магнит, с величиной магнитной индукции \mathbf{B} в его ярме. В узком зазоре ярма расположена одна из сторон \mathbf{AD} проводящего контура, замкнутого на гальванометр \mathbf{G} . Магнитное поле в зазоре показано в виде стрелок \mathbf{H} , отображающих собой магнитные силовые линии. Измерительный контур

ADG подвешен на крючках **k** и **h** с возможностью совершения колебательных движений стороной **AD** в зазоре магнита. Контур из 100 витков был выполнен из медного провода.

В этой работе, не будут приводиться конкретные значения величин измеряемого переменного электрического тока в контуре, которые были бы необходимы для оценки достоверности получаемого результата измерений. Данное обстоятельство связано с тем, что во всех опытах использовались цифровые приборы с точностью измерения в единицы микроампер. Если в процессе измерения величина тока в контуре превышала точность прибора в несколько десятков раз, то утверждалось, что в контуре регистрируется ток. В случае сопоставимости величины регистрируемого тока с величиной чувствительности прибора полагалось, что тока в контуре нет.

Отметим, что подвижность или отсутствие движения объекта, участвующего в опыте, указывается только относительно лабораторной системы отсчёта, в которой производятся эксперименты. Положение о том, что один объект опыта находится в относительном движении по отношению к другому объекту эксперимента, в данной работе будет соответствовать положению, что один из объектов движется в лабораторной системе отсчёта, а другой в ней покоится (неподвижен). Данное замечание в соответствии с гипотезой Дж. Максвелла, позволяет утверждать, что вокруг ярма магнита, движущегося в лабораторной системе отсчёта, всегда есть вихревое электрическое поле, независимо от того, есть ли в этой системе проводники и где они расположены, или их в ней нет вовсе. На рисунках неподвижность объекта обозначается традиционным значком «заземления» \perp , а движение объекта показано стрелкой «С».

При проведении опыта, представленного на рис. 1, в процессе возвратно-поступательного (колебательного) движения стороны **AD** (показанного стрелкой **C**), совершаемого с амплитудой 1,5 – 2 сантиметра, строго в границах поперечного сечения зазора неподвижного магнита, в гальванометре **G** всегда регистрируется переменный электрический ток $\sim I$. Рассматривая подобный случай Дж. Максвелл писал: «Фарадей показал, что если проводник перемещается перпендикулярно к магнитным силовым линиям, то в нём возникает электродвижущая сила, стремящаяся возбудить электрический ток» [5, с. 56].

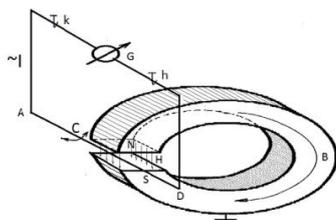


Рис. 1

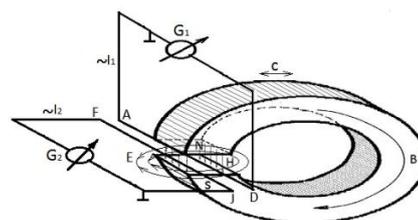


Рис. 2

В эксперименте, показанном на рис. 2, использованы два измерительных контура: ADG_1 и FJG_2 . При чём сторона AD контура гальванометра G_1 и стороны FJ контура гальванометра G_2 неподвижны и находятся в пределах сечения зазора магнита. В процессе возвратно поступательного движения магнита (указанного стрелкой C), в проводниках двух неподвижных контуров ADG_1 и FJG_2 возникает переменный электрический ток $\sim I$. В своём трактате об электричестве и магнетизме, Д. Максвелл рассмотрел все возможные случаи относительного движения источника магнитного поля и контура, некоторые из них один в один повторяют эксперименты, представленные на рис. 1 и 2, причём с теми же результатами опытов [6, с. 153, 156].

2. Объяснение результатов опытов. В случае движения проводника (см. рис. 1.) возникновение электрического тока в контуре обязано силам Лоренца, которые действуют на движущиеся в магнитном поле электрические заряды (свободные электроны), имеющиеся в теле проводников контура. Заметим, что подобное объяснение механизма образования индуцированного электрического тока в контуре формально эквивалентно механизму, который в своё время предлагал М. Фарадей при описании своих экспериментов (его конкретика будет изложено несколько ниже). Их кажущееся отличие заключалось лишь в том, что М. Фарадей связывал силы, действующие на заряды проводников, с особым состоянием вещества пространства, которое со всех сторон окружает магнит (как бы неким «внутренним возбуждением электромагнитного эфира»). Это состояние он называл «электротоническим». Иными словами, современное формальное положение о действии силы Лоренца на заряды, движущиеся в магнитном поле, заменило собой положение Фарадея и Максвелла о действии на движущиеся заряды сил со стороны электротонического состояния эфира, которое представляет собой магнитное поле. Творцы электродинамики утверждали, что в самом общем случае именно взаимодействие движущихся зарядов с электротоническим состоянием эфира (вызванного индукторами магнитного поля) приводило к возникновению сил, действующих на заряды со стороны эфира, т.е. к общепринятым силам взаимодействия между двумя телами. Силы взаимодействия - это как некий «инструмент» (исходная гипотеза) для изучения данного явления. Приведём несколько цитат из труда Дж. Максвелла, из которых явствует важность понятия электротонического состояния эфира для автора теории электромагнитного поля, пытавшегося разработать механизм данного явления. *«До сих пор мне ещё не удалось разработать идею об электротоническом состоянии настолько, чтобы можно было ясно представить его природу и свойства, не прибегая к символам; поэтому в дальнейшем изложении я буду широко пользоваться алгебраическими символами и общеизвестными математическими*

действиями. Но я сохраняю надежду при внимательном изучении свойств упругих тел и движения в вязких жидкостях найти такой метод, который позволил бы дать и для электротонического состояния некоторый механический образ, способный вести к общим заключениям» [5, с. 59]. «...Но здесь мы исходим из иного принципа, т.к. ищем причину явления не только в самих токах, но и в окружающей их среде» [5, с. 67]. «Мы хотим теперь однако рассмотреть магнитное действие как род некоторого давления, или натяжения, или, вообще говоря, напряжения в среде» [5, с. 111].

Тогда как в случае перемещения магнита (см. рис. 2), в согласии с представлениями Дж. Максвелла, полагалось, что при возвратно поступательном движении магнита вокруг его полюсов (как и в окружающем пространстве вокруг всего ядра магнита) должно возникать переменное вихревое электрическое поле \mathbf{E} (изображено в виде силовых линий \mathbf{E} вокруг векторов \mathbf{H} на рис. 2), которое с необходимостью должно вызывать движение зарядов в проводниках, находящихся в этом поле. При этом отметим, что точное пространственное местоположение переменного вихревого электрического поля \mathbf{E} , относительно вектора магнитной индукции, а также его геометрические размеры, как в представлении Дж. Максвелла, так и в современной электродинамике, никогда не указывались и, более того, эти вопросы даже не рассматривались. Однако, безапелляционно утверждалось лишь одно, что, из самых общих математических рассуждений, эти вектора \mathbf{E} и \mathbf{H} ортогональны друг к другу и что вихревое электрическое поле \mathbf{E} со всех сторон охватывает изменяющийся поток магнитной индукции \mathbf{H} . Именно с такой точки зрения в рассматриваемом опыте показаны эти два вектора \mathbf{E} и \mathbf{H} на рис. 2.

Если же формально, в соответствии с положениями современной электродинамики, рассмотреть опыт на рис. 2, то получим следующий вывод. Поскольку проводники контура гальванометра \mathbf{G}_2 расположены в плоскости вектора переменного вихревого электрического поля \mathbf{E} , то это поле вызовет в них электрический ток. А так как проводники контура гальванометра \mathbf{G}_1 расположены в плоскости перпендикулярной вектору переменного вихревого электрического поля \mathbf{E} , то это поле \mathbf{E} уже не сможет вызвать электрический ток в контуре. Действительно, Дж. Максвелл предложил нижеследующее уравнение для математического описания процесса образования переменного вихревого электрического поля:

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = -\frac{d\mathbf{B}}{dt} \quad (1)$$

В формуле (1) символы \mathbf{E} и \mathbf{B} являются векторами. Однако, поставленный опыт (см. рис. 2) выявил, что величина переменного электрического тока в обоих гальванометрах

имела одинаковое значение. И более того, под каким бы углом ни ориентировать плоскость любого из контуров, по отношению к вектору магнитной индукции \mathbf{H} , величина индуцированного переменного тока в таком контуре всегда оставалась неизменной, той же самой, что и в контуре гальванометра \mathbf{G}_2 . Результаты приведённого эксперимента, а именно: наличие тока в контуре гальванометра \mathbf{G}_1 (см. рис. 2) находятся в прямом противоречии с формулой (1), но они полностью соответствуют представлению о механизме электромагнитной индукции, который был предложен М. Фарадеем.

3. Если всмотреться в истоки зарождения гипотезы о вихревом электрическом поле, то можно заметить, что Дж. Максвелл вот как описывает процесс переложения результатов опытов М. Фарадея на язык математики: *«Полная электродвижущая сила, действующая вдоль контура в произвольный момент времени, измеряется скоростью уменьшения числа линий магнитной силы, проходящей сквозь контур. Будучи проинтегрированной по времени, это утверждение становится таким: Интеграл по времени от полной электродвижущей силы, действующей вдоль контура, вместе с числом проходящих сквозь контур линий магнитной силы составляет постоянную величину. Вместо того, чтобы говорить о числе линий магнитной силы, мы можем говорить о потоке магнитной индукции сквозь контур или о поверхностном интеграле от магнитной индукции, распространённом на любую поверхность, ограниченную контуром»* [6, с. 164]. На языке математических символов это утверждение Дж. Максвелла выглядит как интегральное уравнение вида:

$$\oint \mathbf{E} d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int \mathbf{B} d\mathbf{s} \quad (2)$$

В дифференциальной форме это же самое утверждение Дж. Максвелла выглядит несколько иначе:

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = - \frac{d\mathbf{B}}{dt} \quad (3)$$

По большому счёту, в представленном виде написания формулы замешаны некоторые профессиональные черты характера Дж. Максвелла, такие как, например, стремление к широким обобщениям и аналогиям на основе строгой математической логике, тяготеющей к наглядности математических операций, компактности и симметрии написания формул. Но, при столь значительных положительных качествах математика, Дж. Максвелл не заметил произошедшую очень прозрачную (тонкую) логическую подмену, когда отображаемое подходящей математической теоремой реальное природное явление (возникновение сил при пересечении магнитного поля проводником замкнутого контура) чудным образом превратилось в совершенно иной физический эффект – рождение переменного вихревого электрического поля. Иными словами, математическое изменение величины магнитного

потока, проходящего через замкнутый контур, породило математический электрический вихрь, охватывающий этот поток со всех сторон. Таким образом, ясный физический процесс электромагнитной индукции М. Фарадея трансформировался в некий мысленный математический фантом - электрический вихрь. И этот неведомый гипотетический объект, родившийся на кончике пера физика-теоретика и существовавший лишь только в его голове и на бумаге в виде символов, после опубликования теории (доведения до сведения научной общественности) превратился в конкретный образ фактически несуществующей физической реальности.

Так возникло понятие «вихревое электрическое поле», гипотетичность которого очень трудно было разглядеть за логикой его математического происхождения даже такому умудрённому физику-теоретику, каким являлся сам Дж. Максвелла. Приведённая выше интуитивная «логика похожести» математической теоремы на реальный физический процесс не оставляла ни каких сомнений в реальности существования данного фантома «вихревого электрического поля», поскольку казалось, что доказательство будто бы было построено на одних лишь экспериментальных фактах. Научной общественностью данная гипотеза была принята в качестве совершенно законного открытия, сделанного «на кончике пера», причём без всяких доказательств. Нельзя не обратить внимание на тот факт, что в отчетах о результатах своих экспериментов, связанных с изучением явления электромагнитной индукции, М. Фарадей никогда не отмечал, что наблюдал эффекты подобные действию электрического поля.

Чтобы понять всю сложность ситуации, в которой оказался Дж. Максвелл, работая над теорией электромагнитного поля, необходимо акцентировать внимание на том, что он только переводил на язык математики экспериментальные данные, полученные М. Фарадеем в опытах с магнитными полями, и не проводил собственных натуральных исследований. Трудясь над своими сочинениями по электричеству Дж. Максвелл писал: *«В этом очерке я имею ввиду представить фарадеевскую теорию электричества с математической точки зрения и ограничиваю свою задачу развитием тех методов, при помощи которых, по моему мнению, всего лучше можно охватить электрические явления и сделать их доступными подсчёту. Я старался ввиду этого представить математические идеи в наглядной форме, пользуясь системами линий или поверхностей, а не употребляя только символы, которые и не особенно пригодны для изложения взглядов Фарадея и не вполне соответствуют природе объясняемых явлений»*. Но, не смотря на сделанное заявление, Дж. Максвелл смело выдвинул гипотезу о существовании в природе переменного вихревого электрического поля [5, с. 58-59]. Не соглашаясь с Дж. Максвеллом, заметим, что явление электромагнитной индукции сам

М. Фарадей формулировал иначе: «Заряд Δq , прошедший по замкнутой цепи, пропорционален изменению магнитного потока $\Delta\Phi$, пронизывающего электрический контур, и обратно пропорционален сопротивлению цепи R » [7, с. 133]. Иными словами, математически это утверждение выглядит уже в виде другого уравнения, а именно:

$$\Delta q = \Delta\Phi/R \quad (4)$$

Таким образом, ни о каком вихревом электрическом поле у М. Фарадея речь не велась. Как уже указывалось выше, в его интерпретации движение зарядов (электрический ток) было обязано результату их взаимодействия с особым состоянием электромагнитного эфира.

Так в электродинамике возникли два взгляда на механизм образования электрического тока в явлении электромагнитной индукции. И вот как об этом пишет Нобелевский лауреат Ричард Фейнман в своих знаменитых лекциях по физике: «Мы не знаем в физике ни одного другого такого же примера, когда простой и точный общий закон для своего реального понимания требовал бы анализа в терминах двух разных явлений» [8, с. 53].

Однако уже после Дж. Максвелла, в копилку современной электродинамики, над которой творчески трудились многие исследователи (в современный вид уравнения Д. Максвелла преобразовывались (перерабатывались) — Г. Герцем, О. Хевисайдом, Г. Лоренцем и др., а также с лёгкой руки А. Эйнштейна) попал и прочно закрепился в ней именно случай электромагнитной индукции с вихревым электрическим полем. Приведём лишь один вывод из сборника статей, посвященного 150-летию со дня рождения Дж. Максвелла: «Общепотребительная ныне система уравнений Максвелла не соответствует ни одной из систем, данных в работах самого Дж. Максвелла» [9, с. 93].

4. Для уточнения вопроса о реальности существования вихревого электрического поля был проведён ещё опыт, графическое отображение которого дано на рис. 3. В зазоре магнита были размещены неподвижные проводники сторон **AD** и **FJ** от двух проводящих контуров **ADG₁** и **FJG₂**. Согласно положениям электромагнитной индукции, Дж. Максвелла, при возвратно поступательном движении магнита вокруг его полюсов должно возникнуть переменное вихревое электрическое поле **E**, охватывающее со всех сторон магнитную индукцию **H** в зазоре. Это поле **E** должно вызывать синфазное движение зарядов в контурах **ADG₁** и **FJG₂**, т.е. противоположное движение зарядов в проводниках сторон **AD** и **FJ**.

Однако, на практике оказалось, что электрические токи, наведённые в проводниках контуров **ADG₁** и **FJG₂**, текут в противофазе по отношению друг к другу, т.е. имеют однонаправленное движение зарядов в проводниках сторон **AD** и **FJ**. На рис. 3 отражён один из таких моментов, когда движение магнита происходит в правую сторону рисунка (на рис. 3

по стрелке С). При этом электрический ток I_1 обтекает контур G_1AB по ходу часовой стрелки, тогда как ток I_2 , текущий в контуре G_2FJ , течёт против хода часовой стрелки.

Если попытаться объяснить полученные результаты этого эксперимента и при этом оставаться на позициях электромагнитной индукции Дж. Максвелла, то судя (ориентируясь) по направлению течения токов в контурах ADG_1 и FJG_2 можно уверенно утверждать, что магнитный поток H , находящийся в зазоре магнита, охватывает не *одно* вихревое электрическое поле, а как бы сразу *два* (обозначим их через E_1 и E_2). Действительно, только по направлению протекания электротоков I_1 и I_2 в контурах можно судить о направлении векторов индуцированных вихревых электрических полей E_1 и E_2 , которые их вызвали. Причём каждое из этих вихревых полей не может охватывать собой весь поток магнитной индукции H , т.к. одно из них должно находиться спереди его, а другое сзади, относительно направления движения магнита. К тому же, эти вихревые электрические поля E_1 и E_2 должны изменяться находясь в противофазе по отношению друг к другу.

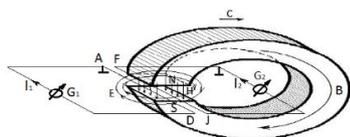


Рис. 3

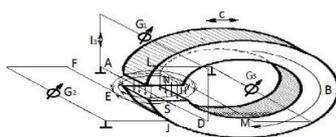


Рис. 4

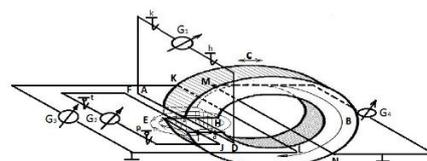


Рис. 5

С целью выяснения границы, проходящей между векторами этих двух индуцированных полей E_1 и E_2 , проводники сторон AD и FJ вплотную прижимали друг к другу, что непременно должно было бы изменить величину электрических токов в них, если бы поля были строго локализованы, или в пространстве, или относительно магнита. Но на практике (в эксперименте) выяснилось, что в этом случае величины электротоков всегда оказывались равными друг другу, при любом их смещении вдоль зазора. То есть границы между полями найдено не было. Результаты этого опыта прямо свидетельствуют, что природным реалиям адекватен (соответствует) лишь механизм электромагнитной индукции, который был предложен М. Фарадеем. Иными словами, в противоположность гипотезе Дж. Максвелла, при движении магнита вихревое электрическое поле не образуется (не генерируется).

5. Отсутствию вихревого электрического поля E вблизи полюсов движущегося магнита, доказывает опыт, показанный на рис. 4. В нём измерительные контура размещались в пространстве возле магнита, где по гипотезе Дж. Максвелла, предполагалось непременно возникновение (образование) вихревого поля E .

В исследовании были использованы три неподвижных замкнутых контура. Первый контур включал в себя проводники стороны AD , расположенные в зазоре магнита и

подключённые к гальванометру G_1 . Проводники этого контура располагались в вертикальной плоскости, параллельно силовым линиям магнитного поля зазора. Второй контур включал в себя проводники стороны FJ , расположенные с наружной стороны от магнита, за пределами зоны перемещения его полюсов, но в непосредственной близости от неё. Данный контур был подключённый к гальванометру G_2 . Третий контур включал в себя проводники стороны LM , расположенные с внутренней стороны магнита и так же за пределами зоны перемещения его полюсов, но так же в непосредственной близости к ней. Контур был подключённый к гальванометру G_3 .

Согласно гипотезы Дж. Максвелла, в первом контуре (проводники AD) электрический ток не должен был бы индуцироваться даже в случае возникновения вихревого электрического поля E , поскольку контур располагался перпендикулярно к плоскости силовых линий этого поля. Во втором контуре (проводник FJ) и в третьем контуре (проводник LM) должны были бы наводиться электротоки, так как контура располагались в зоне возникновения вихревого электрического поля E , в плоскости его силовых линий.

Но в эксперименте всё происходило в точности до наоборот: в первом контуре (проводники AD) наводился электрический ток, тогда как во втором контуре (проводники FJ) и в третьем контуре (проводники LM) электрического тока не было. Таким образом, опыт полностью подтвердил механизм образования индуцированного электрического тока, который предполагал М. Фарадей. Иными словами, при движении проводника в магнитном поле или, наоборот, при движении магнита относительно проводника, на электрические заряды действуют силы только со стороны локальной структуры магнитного поля, т.е. эти силы являются силами взаимодействия.

6. В опыте, показанном на рис. 5, один из измерительных контуров полностью охватывал магнитный поток, находящийся в зазоре движущегося магнита. При этом он располагался в области гипотетического вихревого электрического поля. Проводники стороны AD контура гальванометра G_1 , были жёстко прикреплены к нижнему полюсу магнита в точках a и d , а проводники стороны FJ контура гальванометра G_2 , закреплены там же в точках f и j . Зазор магнита по периметру охватывался неподвижным контуром LKG_3 , а противоположную сторону ярма магнита охватывал неподвижный контур NMG_4 . Магнит приводился в возвратно поступательное движение, показанного стрелкой C . Вихревое электрическое поле в проводниках контуров гальванометров G_2 и G_3 должно было бы вызвать электрический ток, поскольку неважно то, находятся эти контура в состоянии покоя или движения в лабораторной системе отсчёта. Тогда как в проводниках контура гальванометра G_1 тока не должно было быть. Более того, электрический ток должен был бы

индуцироваться не только в неподвижном контуре LKG_3 , но и в неподвижном контуре NMG_4 , поскольку он также охватывает магнитный поток движущегося магнита, вокруг которого равным образом должно было бы образоваться своё вихревое электрическое поле. Согласно же представлениям М. Фарадея электрического тока не должно было бы быть и в одном из перечисленных контуров: ADG_1 , FJG_2 , KLK_3 , так и в контуре MNG_4 , поскольку ни в одном из этих случаев нет пересечения магнитных силовых линий структуры магнитного поля с проводниками этих контуров. Результаты этого опыта подтвердили отсутствие электрического тока во всех упомянутых выше контурах, тем самым доказывая правоту взглядов М. Фарадея на природу механизма явления электромагнитной индукции.

Структура магнитного поля

Опыты, которые будут приведены ниже, доказывают реальность существования магнитного поля, как природного объекта, а также наличие у него строго определённой структуры. Сделанное утверждение отрицается парадигмой современной электродинамики, поскольку существование магнитного поля зависит от системы наблюдения, т.е. оно является виртуальным математическим объектом. Более того магнитное поле являет собой некое неопределённое природное образование, свойства которого не выходят за рамки его философского определения в виде «особой формы материи».

В предлагаемой нами парадигме магнитное поле рассматривается как обособленный (самостоятельный) объект природы, реальность существования которого не зависит от системы отсчёта. При этом наличие у поля строго определённой структуры, или предметность (реальность существования) так называемых «силовых линий магнитного поля» (ближайшая аналогия этого представления – кристаллическая структура у определённых веществ, в сравнении с аморфной структурой других веществ) преподносится не как данность (постулат), а будет экспериментально доказано.

Небольшой экскурс в историю физики показывает, что согласно представлениям М. Фарадея и Дж. Максвелла и используемой ими терминологии, «силовые линии магнитного поля» отражают собой внутреннюю структуру этого поля. При этом под структурой магнитного поля понималось, что само поле имеет разные характеристики и свойства в разных точках его объёма (который оно занимает в пространстве), а также сохраняет неизменными эти показатели точек при своём перемещении в пространстве, причём точно так же, как это происходит при движении любого целостного объекта природы (например, твёрдого тела). Сама же структура поля отождествлялась с особым состоянием электромагнитного эфира, которое называлось «электротоническим». По их мнению, именно с таким состоянием эфира только и возможно взаимодействие зарядов. На эфир,

находящийся вне этого состояния, не могут реагировать движущиеся в нём электрические заряды. Дж. Максвелл пишет об электротоническом состоянии эфира, как об идеях именно М. Фарадея: *«Ход экспериментов, направляемых напряжёнными усилиями его мысли, без помощи каких-либо математических вычислений, привёл Фарадея к необходимости признания существования некоторой величины, которая, как мы теперь знаем. Является величиной математической и которая даже может быть названа основной величиной электромагнетизма. Но, поскольку Фарадей был подведён к этой концепции чисто экспериментальным путём, он приписал ей физическое существование, предположив, что это есть особое состояние материи»* [6, с. 163]. О самой концепции «электротонического состояния» и оценке ее Дж. Максвеллом в примечаниях редактора и переводчика к «Избранным сочинениям» читаем следующее: *«Максвелл придавал идее Фарадея об «электротоническом состоянии» важнейшее значение. Он связывал его с представлением о магнитном потоке и его инерционных свойствах...»* [5, с. 5-7]. Представление о магнитном поле, как о неким особом материальном объекте природы, первоначально было предложено М. Фарадеем. Им же была обнаружена пространственная структура данного объекта, которая проявляет себя в виде «магнитных силовых линий», вдоль которых располагались железные металлические опилки [7, с. 55]. С этого момента стало традиционным отображение на рисунках любых силовых физических полей в виде подобных силовых линий магнитного поля.

Однако, с появлением специальной теории относительности, в которой реальность существования магнитного и электрического полей зависело от системы отсчёта, стали полагать, что силовые линии являются лишь удобным графическим приёмом отображения этих полей. При этом утверждалось, что сами линии не отражают собой никакой физической реальности. В этой теории сами поля: магнитное и электрическое, являются как бы некими «философски аморфными» объектами (лишёнными какой-либо структуры), которые различаются друг от друга лишь своим названием и носителем поля (реальный электрон и гипотетический магнитный монополь), а также внешним свойствам (например, взаимодействием с электрическими зарядами). При этом они не могут перемещаться в пространстве, как обособленный объект природы, а способны лишь изменять свои характеристики в разных точках пространства в зависимости от состояния своего носителя (теория запаздывающих потенциалов). Механизм изменения характеристик полей вдали от своего индуктора до сих пор остаётся «тайной за семью печатями».

Опыты, изложенные в предыдущих разделах, лишь частично подтверждают справедливость предположения (гипотезы) основателей электродинамики о наличии

структуры у магнитного поля. Явления движения зарядов в однородных магнитных полях, как и возникновения электрического тока в проводниках, при пересечении ими силовых линий магнитного поля, наглядно демонстрируют достоверность этой гипотезы, поскольку взаимодействие зарядов при движении в **однородном поле** может происходить только лишь с его структурой. Из экспериментов явствует, что движение магнита приводит к перемещению вместе с ним и его магнитного поля, как некоего порождённого им образования (объекта) в среде физического вакуума. При этом данное образование являет собой как бы «неотъемлемую часть» самого магнита (как её прародителя), жёстко связанную с ним, а поэтому движущуюся вместе с ним за единое целое. В вышеописанных опытах было установлено, что в том месте пространства, где находится движущееся магнитное поле, не возникает (не образуется из ничего) гипотетическое вихревое электрическое поле, которое, в случае его наличия, так же можно было бы рассматривать как некий обособленный природный объект. Вихревого электрического поля нет и в самой структуре магнитного поля, например, предполагая его наличие в виде дополнительной компоненты магнитного поля. По аналогии, при анализе экспериментальных данных, можно смело утверждать, что структура магнитного поля так же не имеет никакого отношения и к кулоновскому электрическому полю.

Действительно, движение проводника поперек однородного стационарного магнитного поля (например, находящегося в узком зазоре ярма железного магнита), указывает на то, что возникновение в проводнике электрического тока возможно лишь при наличии структуры у поля, поскольку напряжённость поля не изменяется при движении проводника от одной точки поля к другой. Структура поля представляет собой более глубокой (тонкой) уровень дифференциации поля в сравнении с его напряжённостью.

По мнению М. Фарадея и Дж. Максвелла под структурой магнитного поля следует понимать некое устойчивое динамическое образование (своеобразную пространственную «конструкцию») в среде физического вакуума, состоящую из этой же самой среды. Именно такое предварительное представление об устройстве магнитного поля, существующее в среде электромагнитного эфира, они называли «электротоническим» состоянием эфира, которому Дж. Максвелл безуспешно пытался найти наглядную физическую модель. Вот как об этом он пишет сам: *«Я старался ввиду этого представить математические идеи в наглядной форме, пользуясь системой линий или поверхностей, а не употреблять только символы, которые и не особенно пригодны для изложения взглядов Фарадея и не вполне соответствуют природе объясняемых явлений. До сих пор мне не удалось ещё разработать*

идею об электротоническом состоянии настолько, чтобы можно было ясно представить его природу и свойства, не прибегая к символам» [5, с. 58-59].

Движение такой динамической структуры в среде физического вакуума, в котором имеются электрические заряды, а равно как и движение зарядов, относительно этой структуры в эфире, приводит к возникновению локальных сил со стороны поля, действующих на заряды именно в месте контакта поля с зарядом. Эти силы можно рассматривать как традиционные силы взаимодействия между телами, используемые в механике. Они не передаются магнитным полем в другое место пространства (в виде вихревого электрического поля), они являются силами местного локального характера, строго ограниченного в пространстве.

Данное обстоятельство подтверждается тем, что, если проводник не замкнут, то магнитные силы перемещают свободные заряды в проводнике по направлению к одному из его концов, противодействуя при этом электрическому полю самих зарядов. Академик И. Тамм назвал их «сторонними силами», указывая, что «При этом на концах проводника создается разность потенциалов, численно равная ЭДС этого «микрогенератора». Силы, движущие заряды в процессе генерации электроэнергии (в данном случае – «магнитные силы»), имеют не электростатическую природу. Они перемещают электрические заряды против сил электрического поля. Работа сторонних сил в электрогенераторах преобразуется в потенциальную электрическую энергию (ЭДС генератора)» [10, с. 616].

Для сравнения отметим, что в парадигме релятивистской электродинамики (СТО) случай возникновения тока, при движении проводника в однородном стационарном магнитном поле, вообще непредставим и занимает в ней положение парадокса, поскольку магнитный поток не изменяется. Примеры его технического воплощения в экспериментах хорошо известны в электродинамике, это: «униполярный генератор М. Фарадея» [7], парадокс К. Геринга, [11], парадокс Тили [12], парадокс длинного соленоида [13] и др.

7. Однако, за пределами приведённых выше опытов осталось ещё одно проявление электромагнитной индукции М. Фарадея, достаточно важное как для самой электродинамики, так и в целом для всей электротехники. Явление заключается в том, что при пропускании электрического тока по одному из двух близко лежащих **неподвижных** проводов, в другом проводе возникает (индуцируется) электрический ток. Отметим, что результатом исследования именно этого случая явления электромагнитной индукции стала конструкция первого трансформатора, одного из самых массово используемых устройств в современной электротехнике. Открытие было сделано М. Фарадеем 29 августа 1831 г. Первоначально была открыта электромагнитная индукция, возникающая между двух

проводников, неподвижных друг относительно друга, и только потом были выявлены другие стороны этого природного явления, связанные с относительным движением между индуктором (носителем) магнитного поля и измерительным контуром. Вот краткое описание этого первого опыта М. Фарадея: *«На широкую деревянную катушку была намотана медная проволока длиной в 203 фута, и между витками ее намотана проволока такой же длины, но изолированная от первой хлопчатобумажной нитью. Одна из этих спиралей была соединена с гальванометром, а другая с сильной батареей, состоящей из 100 пар пластин... При замыкании цепи удавалось заметить внезапное, но чрезвычайно слабое действие на гальванометре, и то же самое замечалось при прекращении тока. При непрерывном же прохождении тока через одну из спиралей не удавалось отметить ни действия на гальванометр, ни вообще какого-либо индукционного действия на другую спираль, несмотря на то, что нагревание всей спирали, соединенной с батареей, и яркость искры, проскакивающей между углями, свидетельствовали о мощности батареи»* [7, с. 12-19]. Дж. Максвелл, обобщая опыты М. Фарадея, писал: *«Если сблизить провода, эти эффекты индукции увеличиваются. Они также возрастут, при образовании из проводов двух кольцевых витков или спиральных катушек, близко расположенных друг к другу. А при помещении внутрь этих витков (катушек) железного стержня или пучка железных проволок отмеченные эффекты возрастают ещё сильнее»* [6, с. 156].

На рис. 6 показаны две катушки K_1 и K_2 , которые надеты на стальной стержень, выполненный из магнитомягкого железа. Катушка K_1 подсоединена к генератору переменного тока G , а катушка K_2 – к миллиамперметру переменного тока G . Катушка K_1 создает в сердечнике переменное магнитное поле с величиной магнитной индукции B . Магнитные силовые линии, выходя из сердечника, пересекают витки катушки K_2 и индуцируют в ней переменный электрический ток, а в окружающем пространстве – магнитное поле напряженностью H . Именно так описывали М. Фарадей и Дж. Максвелл механизм работы трансформатора: *«... по мере возрастания... тока <в индукционной катушке> появляются новые линии и постепенно распространяются вовне, так что вся система разворачивается изнутри»* [14, с. 59].

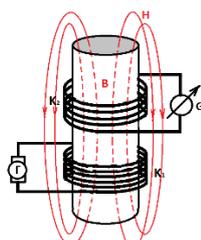


Рис. 6

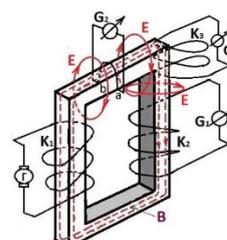


Рис. 7

Действительно, в трансформаторах явление электромагнитной индукции возникает не вследствие относительного движения между контуром, создающим магнитное поле (первичная катушка трансформатора), и контуром, в котором наводится (индуцируется) электрический ток (вторичная катушка трансформатора), а совершенно по иной причине. В трансформаторах, в которых катушки пространственно разделены, и для того, чтобы магнитное поле, созданное первой катушкой, оказалось в области расположения второй катушки, оно каким-то образом должно было бы там возникнуть. Или, что-то должно было бы переместиться из катушки K_1 в область расположения катушки K_2 , чтобы там оно могло бы вызвать магнитное поле. Не по волшебству же магнитное поле возникает внутри катушки K_2 , поскольку находится в жесткой связи с процессами, протекающими в первой катушке.

Вероятнее всего, что именно отсутствие видимого относительного движения между контурами (между катушками), как раз и не позволило А. Эйнштейну рассмотреть по существу явление электромагнитной индукции в неподвижных контурах. Действительно, о нём даже не упоминается в его знаменитой статье 1905 года, написанной как раз для обобщения этого природного феномена, причём на все случаи практики [2, с. 7]. Надо полагать, что только по этой причине обозначенное явление по факту своего проявления (демонстрации) не подпадает под теоремы специальной теории относительности, хотя более 70% всех современных электрических машин созданы именно на основе свойств и закономерностей электромагнитной индукции в неподвижных контурах.

Видимо, и исключительно лишь поэтому, в релятивистской электродинамике, в виде изощёренного сарказма, бездоказательно утверждается, что электрические и магнитные поля не могут перемещаться в пространстве, а могут лишь только «изменять» величину своей напряжённости. Причём, безапелляционно исключая любое движение поля (или чего-либо иного с ним связанного) между близлежащими точками пространства, при объяснении изменения величины напряжённости магнитного поля от точки к точке. Более того, понятию *перемещения* магнитного поля в пространстве, от одной его точки к другой, отказывают даже в случае движения его носителя, например, природного железного магнита. Причём, настаивают именно на понятии «изменяться», подспудно (негласно) допуская при этом даже существование некоего таинственного процесса, позволяющего появиться полю там, где его раньше не было. Тогда как механизм работы трансформатора, которого придерживались М. Фарадей и Дж. Максвелл, базировался именно на представлении о возможности перемещения магнитных силовых линий, отражающих собой структуру магнитных полей. Вот как об этом пишет Дж. Максвелл: *«Концепция, которой придерживался Фарадей относительно непрерывности силовых линий, исключала возможность их внезапного*

рождения там, где раньше их не существовало вообще. Следовательно, число силовых линий, пронизывающих проводящий контур, можно менять лишь путём перемещения контура поперек силовых линий или перемещением силовых линий поперек контура. В любом случае в контуре образуется ток» [6, с. 164]. Это же самое можно найти у М. Фарадея [7, с. 101]. Уточняя то, а как же наводится электрический ток в неподвижных контурах трансформатора, поясняя опыты М. Фарадея, Дж. Максвелл пишет: «Во второй серии опытов он показывает, как можно объяснить явления, вызываемые изменением силы тока или мощности магнита, если предположить, что система силовых линий отжимается от провода или магнита, или прижимается к ним в зависимости от того, возрастает или уменьшается их мощность» [6, с. 164]. Это же самое можно найти у М. Фарадея [7, с. 101]

Таким образом, согласно мнению основателей электромагнетизма, в трансформаторе, состоящем из двух пространственно разделённых катушек, расположенных на одном сердечнике рядом друг с другом (или катушек, намотанных друг на друга, как это было сделано в первых опытах М. Фарадея), происходит процесс образования индукционного тока путём пересечения проводников, движущимися магнитными силовыми линиями, расходящимися от источника магнитного поля в окружающее пространство (см. рис. 6). Необходимо отметить, что то же самое явление происходит и при рассмотрении работы любых других трансформаторов с пространственно разделёнными катушками, например, при объяснении работы трансформатора с П-образным, Ш-образным или кольцевым магнитопроводом, или вообще без магнитопровода (в «воздушных» трансформаторах), т.е. при разъяснении (иллюстрации) факта передачи энергии от первичной катушки K_1 трансформатора к его вторичной катушке K_2 .

Тогда как с позиций современной электродинамики (причём, чисто формально), в трансформаторе под основной физической причиной появления индукционного тока полагают, что катушки трансформатора образуют единую замкнутую магнитную систему, созданную посредством ферритового (железного) магнитопровода. То есть систему, в которой магнитный поток от катушки K_1 , распространяясь по сердечнику трансформатора (магнитопроводу), попадает в катушку K_2 . То есть здесь усматривается прямая аналогия между магнитной системой трансформатора и потоком жидкости, который, двигаясь по трубопроводу от водяного насоса (катушки K_1), попадает к гидротурбине (катушке K_2), отдавая ей энергию. При этом всегда уточняется, что истинной причиной возникновения электрического тока во вторичной катушке K_2 является не сам магнитный поток Φ (его величина), а скорость его изменения в единицу времени $\frac{d\Phi}{dt}$. Именно этот процесс изменения

величины магнитного потока в единицу времени приводит к появлению вихревого электрического поля. Данным обстоятельством стараются оттенить решающую роль вихревого поля в физическом механизме работы трансформатора.

Утверждение о том, что с помощью магнитопровода поток Φ магнитной индукции \mathbf{B} , созданный первичной катушкой \mathbf{K}_1 , «замыкается» через вторичную катушку \mathbf{K}_2 в процессе переориентирования магнитных диполей сердечника, описывает собой лишь факт появления магнитного поля в теле сердечника в районе расположения вторичной катушки \mathbf{K}_2 , но не более этого. При этом постулируется, что магнитопровод, в котором циркулирует переменное магнитное поле \mathbf{B} , охватывается со всех сторон вихревым электрическим полем \mathbf{E} . На рисунке (см. рис. 7) вихревое электрическое поле \mathbf{E} показано в виде колец красного цвета. А поскольку в области пространства, где расположено вихревое электрическое поле, находится вторичная катушка трансформатора \mathbf{K}_2 , то оно (поле \mathbf{E}) как раз и вызывает электрический ток в её витках.

Однако, если рядом с трансформатором поместить контур $\mathbf{a-b}$ нагруженный на гальванометр \mathbf{G}_2 , который полукольцом охватывает сердечник, но не замкнут вокруг него, как показано на рисунке (см. рис. 7), то электрический ток в контуре $\mathbf{a-b-G}_2$ наводиться не будет. Не будет тока и в катушке \mathbf{K}_3 , которая плотно прижата к сердечнику трансформатора и нагружена на гальванометр \mathbf{G}_3 . Тогда как, согласно положениям релятивистской электродинамики, в проводниках, которые расположены в пространстве, где есть переменное вихревое электрическое поле \mathbf{E} , то под её воздействием в них должно возникать движение зарядов, т.е. электрический ток как в контуре $\mathbf{a-b-G}_2$, так и в катушке \mathbf{K}_3 .

Но эксперимент показывает, что ток возникает только в том случае, если контур и катушка замкнуты вокруг магнитопровода трансформатора, например, в виде катушки \mathbf{K}_2 с гальванометром \mathbf{G}_1 . Только в таком случае, согласно представлениям М. Фарадея и Дж. Максвелла, витки вторичной катушки \mathbf{K}_2 пересекаются силовыми линиями магнитного поля, созданного первичной катушкой \mathbf{K}_1 и прошедшими через «окно» ярма трансформатора.

Анализ вышеописанных фактов указывает на то, что ток в вторичной катушке трансформатора образуется лишь тогда, и только тогда, когда магнитные силовые линии пересекают её витки. Более того, здесь уместно сообщить, что нам не удалось ни какими способами с использованием замкнутых контуров, которые не охватывают сердечник трансформатора, обнаружить вихревое электрическое поле в пространстве рядом с ним.

8. В этой связи интересны два нижеприведённых эксперимента, с помощью которых можно выявить ещё несколько важных свойств магнитных полей. Эти свойства допустимо предварительно обозначить в виде утверждения о наличии в природе двух видов магнитных

полей: «связанных» и «свободных». Из определений явствует, что «связанные» магнитные поля не могут существовать отдельно (или обособленно) от своего источника поля (индуктора). Тогда как «свободные» поля способны отделяться от своего индуктора поля и перемещаться в пространстве в виде волн, как самодостаточный обособленный объект природы.

8.1. Первый опыт. Наличие «связанных» полей можно продемонстрировать с помощью следующего эксперимента. На рис. 8 показан участок провода AA_1 , по которому пропущен постоянный электрический ток I (на рисунке вектор тока I показан красным цветом). Вокруг проводника AA_1 , при наличии в нём тока, возникает магнитное поле H , которое на рисунке (см. рис. 8) схематично представлено концентрическими окружностями H , выполненными так же красным цветом. В непосредственной близости от проводника AA_1 расположен многовитковый контур $GMVB_1M_1$, нагруженный на гальванометр G . Сторона VB_1 этого контура, посредством специального подвижного сочленения MM_1 , имеет возможность перемещаться параллельно проводнику AA_1 , или вплотную к нему приближаясь, или удаляясь от него на расстояние в несколько сантиметров. Перемещение происходит в лабораторной системе отсчёта и на рисунке (см. рис. 8) показано стрелками C_1 и C_2 . Во время перемещений стороны VB_1 контура $GMVB_1M_1$ проводник AA_1 остаётся неподвижным. В свою очередь проводник AA_1 так же имеет возможность такого же перемещения (не показано на рисунке), при неподвижной стороне VB_1 многовиткового контура $GMVB_1M_1$. Эти перемещения показаны на рисунке стрелкой C_3 (см. рис. 8). Эксперимент проводился в несколько этапов.

Первый этап. В начальный момент времени сторона VB_1 прижата к проводнику AA_1 , при этом электрического тока в проводнике AA_1 нет ($I = 0$). Тока нет и в измерительном контуре $GMVB_1M_1$. В следующий момент времени, который начинается с момента начала пропускания электрического тока по проводнику AA_1 , до момента его возрастания до значения в несколько ампер, которое затем поддерживается постоянным до конца опыта, в многовитковом контуре $GMVB_1M_1$ возникает импульс электрического тока одного направления I_+ . Диаграмма токов показана на рисунке (см. рис. 9). Поле включения тока в проводнике в AA_1 и в течении всего времени, пока его значение поддерживается постоянным, ток в измерительном контуре $GMVB_1M_1$ отсутствует.

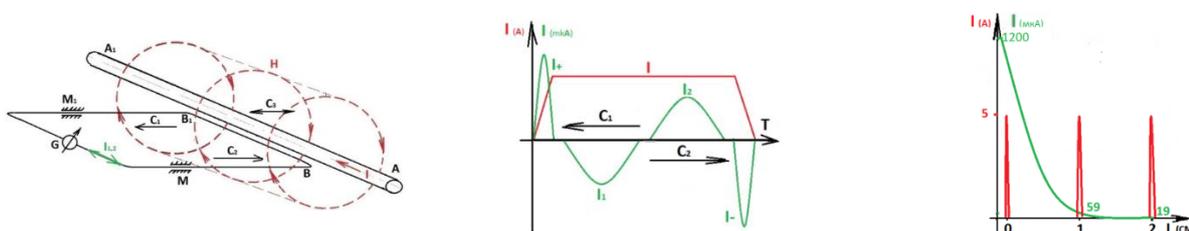


Рис. 8

Рис. 9

Рис. 10

Второй этап опыта. Электрический ток в проводнике AA_1 прерывают. В этот момент времени в измерительном контуре $GMVB_1M_1$ возникает импульс тока I_- (см. рис. 9). Всё происходит точно так же, как и в первом случае (т.е. в момент начала пропускания тока по проводнику AA_1), но здесь направление течения тока I_- в измерительном контуре $GMVB_1M_1$ изменяется на обратное, по отношению к току I_+ .

Третий этап эксперимента. На данном этапе работ перемещают сторону BB_1 , вначале удаляя её на несколько сантиметров от проводника AA_1 , а затем меняют движение на противоположное, приближая сторону BB_1 к проводнику AA_1 вплотную. Этап начинается с момента времени, когда добиваются постоянного значения величины электрического тока I , текущего по проводнику AA_1 . В момент начала перемещения стороны BB_1 , от проводника AA_1 (по стрелке C_1), в измерительном контуре $GMVB_1M_1$ возникнет электрический ток I_1 . Направление тока совпадает с направлением тока второго этапа работ, т.е. когда ток в проводнике AA_1 прерывают. Ток в контуре не прерывается, пока происходит движение стороны BB_1 (см. рис. 9). Затем сторону BB_1 , перемещают обратно, к проводнику AA_1 (по стрелке C_2), при этом в измерительном контуре $GMVB_1M_1$ наводится электрический ток I_2 . Направление тока будет совпадать с направлением тока первого этапа работ, т.е. когда по проводнику AA_1 начинают пропускать электрический ток I (см. рис. 9). И здесь ток в контуре не прерывается, пока происходит движение стороны BB_1 .

Четвёртый этап. При наличии постоянного электрического тока I в проводнике AA_1 и при условии его движения (на рис. 8 показано стрелкой C_3), но при неподвижной стороне BB_1 , в многовитковом контуре $GMVB_1M_1$ будет наводиться электрический ток. То есть будет происходить те же самые явления, что и на третьем этапе эксперимента, при условии сохранения кинематики относительного движения стороны BB_1 и проводник AA_1 .

Пятый этап эксперимента. На данном этапе работ по проводнику AA_1 пропускают импульсы электрического тока I , разрезая через него конденсатор. Диаграмма импульсов тока I показана на рисунке (см. рис. 10). В первой части опыта неподвижную сторону BB_1 , многовиткового контура $GMVB_1M_1$, располагают вплотную к проводнику AA_1 (позиция 0 на рис. 10) и измеряют наведённый в ней ток в моменты времени, когда пропускают импульсы тока I по проводнику AA_1 (см. рис. 10). Затем, повторяют этот же опыт, когда неподвижная сторона BB_1 расположена на расстоянии в 1 сантиметр от проводника AA_1 (позиция 1 на рис. 10). А в заключительной части этого опыта неподвижную сторону BB_1 , многовиткового контура $GMVB_1M_1$, располагают на расстоянии в 2 сантиметра от проводника AA_1 (позиция

2 на рис. 10). На каждом из этих расстояний измеряют ток в многовитковом контуре GMVB_1M_1 в моменты пропускания импульсов электрического тока I по проводнику AA_1 .

В конкретных измерениях были получены следующие результаты. При пропускании по проводнику AA_1 импульсов электрического тока амплитудой в $I = 5$ ампер при условии, когда сторона BB_1 вплотную прижата к проводнику AA_1 , в контуре возникают импульсы переменного тока с величиной амплитуды около $I_0 = 1200$ мкА. При расстоянии между проводником AA_1 и стороной BB_1 в 1 сантиметр в контуре возникают импульсы переменного тока с величиной амплитуды около $I_0 = 59$ мкА. А при расстоянии между ними в 2 сантиметра – $I_0 = 19$ мкА. Диаграмма импульсов тока, наведенного в измерительном контуре GMVB_1M_1 , представлена на рисунке (см. рис. 10). Из диаграммы видно, что изменение амплитуды импульсов тока в контуре с увеличением расстояния между проводником AA_1 и стороной BB_1 очень близка к обратно квадратичной зависимости.

В самом общем случае описанный выше эксперимент указывает на жесткое сцепление магнитного поля с самим проводником, как со своим прародителем (источником поля). То есть, магнитное поле не может потерять с ним связь, являясь его частью, и уйти от него в окружающее пространство, как самодостаточный обособленный природный объект. Сделанное утверждение подтверждает 5 этап опыта, выявивший примерно обратно квадратичную зависимость амплитуды магнитного поля от расстояния до его источника. А также 1 и 2 этапы данного эксперимента выявившие одинаковые амплитуды импульсов тока в контуре при пропускании и прерывании электрического тока в проводнике AA_1 .

8.2. Второй опыт. Это исследование доказывает реальность существования «свободных» магнитных полей. Опыт выполняется с тем же самым многовитковым контуром GMVB_1M_1 . Но в этом эксперименте вместо проводника AA_1 используется воздушный конденсатор, состоящий из двух плоско параллельных пластин AA_1 , квадратного сечения 30 x 30 см (см. рис. 11). Длина стороны BB_1 (12 см) контура GMVB_1M_1 составляет примерно 4/5 расстояния между пластинами конденсатора AA_1 (15 см), а поэтому контур может свободно входить в зазор между пластинами на глубину в несколько сантиметров (примерно на 1/6 ширины пластины, т.е. на 5 см.). Длина контура составляет примерно 1,5 ширины пластины, т.е. около 45 см. На пластины конденсатора AA_1 подается постоянное напряжение в несколько десятков киловольт (20 кВ), чтобы создать между ними постоянное электрическое поле, напряжённостью E .

Первый этап. В начальный момент времени (в исходном состоянии) контур вдвинут внутрь конденсатора строго по центру, на глубину, примерно, на 1/6 ширины пластин от их края. В момент подачи напряжения на пластины AA_1 и до момента времени, пока не

установится постоянное напряжение на конденсаторе, в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ возникает импульс переменного тока \mathbf{II}_1 , как показано на диаграмме (см. рис. 12).

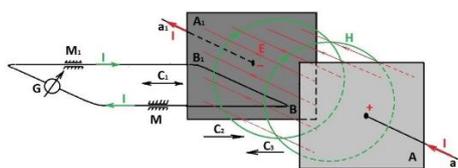


Рис. 11

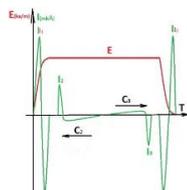


Рис. 12

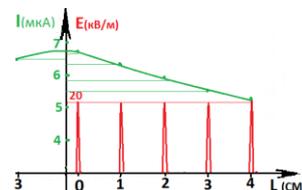


Рис. 13

Второй этап опыта. В момент разряда конденсатора (пластины конденсатора \mathbf{AA}_1 отсоединяют от источника напряжения и накоротко соединяют между собой проводником) в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ так же, как и на первом этапе, возникнет импульс переменного тока \mathbf{II}_2 , но обратной полярности, как это показано на диаграмме (см. рис. 12).

Третий этап эксперимента. При постоянном напряжении на неподвижном конденсаторе, то есть при наличии в нём электрического поля напряжённостью \mathbf{E} , в процессе колебательного движения контура $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ (при вдвигании стороны \mathbf{BB}_1 внутрь конденсатора и выдвигании из него с удалением от среза пластин конденсатора на несколько сантиметров) электрический ток в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ не возникает (не наводится).

Четвёртый этап. При движениях конденсатора, аналогичных перемещениям контура, описанных в третьем этапе эксперимента, (совершаемых по стрелкам \mathbf{C}_2 и \mathbf{C}_3), но при неподвижной стороне \mathbf{BB}_1 (см. рис. 11), в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ возникают импульсы переменного электрического тока \mathbf{I}_2 и \mathbf{I}_3 , как показано на диаграмме (см. рис. 12).

В этом опыте наблюдается явная асимметрия свойств магнитного поля, возникающего в пространстве рядом с заряженным конденсатором. Действительно, при неподвижном заряженном конденсаторе в пространстве вокруг него магнитного поля нет, тогда как при движущемся оно образуется (см. третий и четвёртый этапы эксперимента). Этот же вывод о явной асимметрии образования магнитного поля в пространстве вокруг заряженного конденсатора следует из его сравнения с процессом образования магнитного поля в пространстве вокруг электротока в проводнике, в котором всё происходит симметрично (сравните с первым экспериментом, показанном на рис. 8-9).

Действительно, данный вывод является следствием утверждения, что электрический ток в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ может возникнуть только в результате наличия магнитного поля \mathbf{H} в пространстве рядом с конденсатором (или проводником) и лишь при пересечении его силовых линий стороной \mathbf{BB}_1 . Таким образом, в процессе колебательного движения уже самого конденсатора (совершаемых по стрелкам \mathbf{C}_2 и \mathbf{C}_3), и при условии, что сторона \mathbf{BB}_1 неподвижна (см. рис. 11-12), в контуре $\mathbf{GMVV}_1\mathbf{M}_1$ возникают импульсы переменного

электрического тока I_2 и I_3 . Сопоставление этих импульсов переменного электрического тока в контуре с учётом их полярности, а так же с направлением перемещения конденсатора, указывает на то, что во время движения заряженного конденсатора в пространстве вокруг него возникает переменное магнитное поле, а направление тока в контуре свидетельствует, что это поле излучается в пространство.

Сделанный выше вывод невозможен без сопоставления результатов четвертого этапа опыта с фактом наличия магнитного поля H в пространстве возле конденсатора в моменты его заряда и разряда (импульсы переменного тока I_1 и I_2 на диаграмме, (см. рис. 12). В этих случаях обращает на себя внимание тот факт, что все эти импульсы переменного тока. Наличие такой формы импульсов (при их сопоставлении с импульсами от магнитного поля, образованного током в проводнике) указывает на отрыв магнитного поля от своего прародителя (заряда и разряда конденсатора) и его уход в пространство (излучение).

Итоговым результатом анализа четвертого этапа опыта (при сопоставлении его с третьим этапом работ), будет утверждение, что магнитное поле движущегося заряженного конденсатора являет собой как бы процесс изменения свойств самого пространства, находящегося вокруг конденсатора. Заряженный конденсатор при своём движении выполняет лишь функцию инициатора процесса образования магнитного поля, проявляющего себя в перераспределении каких-то составных частей в материальной структуре физического вакуума. Здесь уместно вспомнить работы М. Фарадея и Дж. Максвелла, которые были убеждены, что и электрическое поле является также особым электротоническим состоянием электромагнитного эфира (физического вакуума). Иными словами, носителем магнитного поля движущегося конденсатора, его основой, является материальная часть физического вакуума, т.е. оно (поле) не является какой-либо частью заряда конденсатора и как таковое ему не принадлежит. Расширяя этот тезис можно утверждать, что данное магнитное поле конечно же может представлять собой какое-то неизвестное свойство электрического заряда (какое-то подспудное свойство заряженных частиц) как-то связанное с его движением (или проявляющее себя в движении), в согласии с тем, как это было в опыте с электрическим током в проводнике (см. рис. 8-9).

Пятый этап опыта. На данном этапе работ, с помощью переключающего механического реле конденсатор AA_1 заряжают, подсоединяя к стабилизированному источнику тока высокого напряжения, а затем сразу же разряжают, накоротко замкнув между собой его пластины. Диаграмма импульсов напряжения показана на рисунке (см. рис. 13) в виде пиков красного цвета под номерами 0,1,2,3,4. В первой части опыта неподвижную сторону BB_1 , многовиткового контура $GMBB_1M_1$, располагают по центру симметрии внутри

конденсатора на расстоянии в 5 см. от края пластин, и измеряют наведённый в ней ток в моменты времени, когда производят заряд-разряд конденсатора (пик напряжения под номером 0, см. рис. 13). Затем, повторяют этот же опыт при условии, что неподвижная сторона $ВВ_1$ контура расположена ровно напротив края пластин конденсатора $АА_1$ (пик напряжения под номером 1, см. рис. 13). Потом устанавливают сторону $ВВ_1$ контура на расстоянии в 1 сантиметр от края пластин конденсатора $АА_1$ (пик напряжения под номером 2 см. рис. 13). И в продолжение этого опыта неподвижную сторону $ВВ_1$, многовиткового контура $ГМВВ_1М_1$, отодвигают от края пластин конденсатора $АА_1$ каждый раз ровно на 1 сантиметр доведя данное расстояние до 4 сантиметров (пик напряжения под номером 4 см. рис. 13). На каждом из этих расстояний измеряют ток в многовитковом контуре $ГМВВ_1М_1$ в моменты времени производства заряд-разряда конденсатора $АА_1$.

Конкретные измерения показали следующие результаты. В моменты времени производства заряд-разряда конденсатора $АА_1$ напряжением в 20 кВ, при условии, когда сторона $ВВ_1$ контура расположена внутри конденсатора $АА_1$, в контуре возникают импульсы переменного тока с величиной амплитуды около $I_0 = 6,5 \text{ мкА}$. Если сторона $ВВ_1$ контура расположена напротив края пластин конденсатора $АА_1$, то в контуре возникают импульсы переменного тока с величиной амплитуды около $I_0 = 6,7 \text{ мкА}$. При расстоянии между краем пластин конденсатора $АА_1$ и стороной $ВВ_1$ равным в 1 сантиметр в контуре возникают импульсы переменного тока величиной амплитуды около $I_0 = 6,3 \text{ мкА}$. А при расстоянии между ними в 2 сантиметра – $I_0 = 5,9 \text{ мкА}$. При расстоянии в 3 сантиметра – $5,3 \text{ мкА}$, а при расстоянии в 4 сантиметра – $5,2 \text{ мкА}$. Диаграмма импульсов тока, наведенного в измерительном контуре $ГМВВ_1М_1$, представлена на рисунке (см. рис. 13). Из диаграммы видно, что изменение амплитуды импульсов тока в контуре с увеличением расстояния между конденсатором $АА_1$ и стороной $ВВ_1$ очень близка к обратной зависимости.

В самом общем случае описанный выше эксперимент с заряд-разрядом конденсатора указывает на наличие магнитного поля в пространстве конденсатора, в котором создают импульсное однополярное электрическое поле, (общеизвестная гипотеза Дж. Максвелла об образовании магнитного поля токами смещения). А также на свойство магнитного поля покидать своего прародителя (инициатора поля), если оно создано переменным электрическим полем. При этом магнитное поле отрывается от своего прародителя, уходя от него в окружающее пространство как самостоятельный обособленный природный объект, в виде волнового процесса.

Сделанное утверждение подтверждает 5 этап данного опыта, выявивший обратную зависимость амплитуды возникающего магнитного поля от расстояния до его источника.

Получение данного вывода невозможно без учёта результатов анализа 1 и 2 этапов описываемого эксперимента, выявивших одинаковые амплитуды импульсов тока в контуре, но разные их полярности, возникающие при заряде и разряде конденсатора AA_1 . Особую роль в осмыслении данного вывода сыграли результаты анализа совместного рассмотрения 3 и 4 этапов опыта, которые указывают на возможный механизм образования свободных полей, способных перемещаться в пространстве в виде волн.

Выводы

Анализ результатов опытов, представленных в данной статье, указывают на то, что:

1. При движении магнита в лабораторной системе отсчёт не возникает (не образуется) вихревое электрическое поле. Электродинамические силы, возникающие при относительном движении заряженной частицы и магнитного поля, являются силами взаимодействия, то есть образуются только в местах контакта частицы с магнитным полем. Физического носителя этих сил нет в точках пространства где нет магнитного поля, например, вокруг изменяющегося во времени магнитного потока. Таким образом существующая проблема дихотомии электромагнитной индукции разрешена в пользу электромагнитной индукции М. Фарадея.

2. Магнитное поле (как и электрическое поле) есть реальный природный объект, являющий собой особое состояние физического вакуума. Это поле имеют свою структуру, отражающую его свойства во взаимодействиях с заряженными телами. Структура поля не распадается (сохраняется) при прохождении им области пространства, занятого веществом, т.е. поле имеет более тонкий уровень организации в сравнении с веществом.

3. Наблюдаются как свободные, так и связанные магнитные поля. Свободные магнитные поля представляют (являют) собой волновой процесс распространения магнитного поля в пространстве, который обнаруживает себя в виде традиционных «электромагнитных» волн. Такие переменные поля могут быть получены только в областях пространства, где протекают токи смещения ($\frac{\partial E}{\partial t} \neq 0$). Иными словами, свободное магнитное поле, как состояние физического вакуума, возникает в самом процессе разделения зарядов в конкретном объёме пространства, при этом оно покидает данный объём, уходя (излучаясь) окружающее в пространство в виде магнитных волн.

Переменное магнитное поле «не несёт» на себе вихревое электрическое поле и не индуцирует его в физическом вакууме. И более того, переменное магнитное поле не обладает свойствами электрического поля, хотя и вызывает движение зарядов. Таким образом, положение о взаимосвязи между вихревым переменным магнитным полем и гипотетическим

вихревым переменным электрическим полем, как основа электромагнитных волн, является результатом ошибочной трактовки явления электромагнитной индукции Фарадея. Под традиционным понятием «электромагнитные волны» скрывается процесс распространения в пространстве магнитных волн. Магнитные волны представляют собой поперечные волны, тогда как электрические волны являются продольными волнами в физическом вакууме. Эти виды волн имеют разные скорости распространения в космическом пространстве. Отношение их скоростей есть отношение величины силы магнитного взаимодействия зарядов к величине силы их электрического взаимодействия.

Литература

1. Льюис М. История физики. — М.: Мир, 1970.
2. Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. 1. Работы по теории относительности 1905-1920. — М.: Наука, 1965.
3. Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины ее парадоксальности. — Томск, 2003.
4. Сигалов Р., Каримов Х., Самсонов Н., Азимов Т., Динамические действия магнитных полей. — Ташкент: Изд-во «Укитувчи», 1967.
5. Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Т. 2. — М., Госиздат, 1952.
6. Максвелл Дж. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2-х тт. Т. 2. — М.: Наука, 1989.
7. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 1. — Л.: Изд-во АН СССР, 1947.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 5: Электричество и магнетизм. — М.: Мир, 1965.
9. Маркчев Н. Т. Сравнение различных форм системы уравнений Максвелла // Максвелл и развитие физики XIX-XX веков. — М.: Наука, 1985.
10. Тамм И.Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов. 11-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
11. Nussbaum A. Faraday's law paradoxes // Phys. Educ. 7 231–2, 1972.
12. Bewley L.V. Flux Linkages and Electromagnetic Induction. — New York: Macmillan, 1952.
13. Lopez-Ramos A., Menendez J.R., Pique C. Conditions for the validity of Faraday's law of induction and their experimental confirmation // Eur. J. Phys. 29 (2008), pp. 1069-1076.
14. Максвелл Дж. Статьи и речи. — М.: Наука, 1968.