

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и
методико-информационных технологий

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

**Демонстрационный эксперимент в профильном курсе
физики по теме «Явление электромагнитной индукции»**

студентки 5 курса 533 группы физического факультета
направления 44.03.01 «Педагогическое образование»

Мазаевой Елены Васильевны

Научный руководитель:

к. физ.- мат. наук, доцент


15.06.18

В.Б. Гаманюк

Зав. кафедрой: профессор, д. физ.-мат.н.


16.06.18

Б.Е. Железовский

Саратов, 2018 год

Введение

Народная мудрость гласит: лучше раз увидеть, чем сто раз услышать. Смысл этой фразы в полной мере отражает роль демонстрационного эксперимента в процессе обучения. Действительно, часто, сопровождая изложение теоретических положений тщательно подготовленными демонстрациями, можно добиться более глубокого понимания сущности того или иного физического явления.

К сожалению, этой форме обучения, как в школе, так и в ВУЗе, мягко говоря, не уделяется достаточного внимания. Тем самым становится не использованной одна из действенных возможностей повысить эффективность образования.

Особенно важно использовать демонстрации при изучении наиболее трудных для восприятия учениками тем программы. К таковым в полной мере можно отнести явление электромагнитной индукции, возникновение вихревых полей, появление новых свойств у цепей на переменном токе.

Одним из мотиваций выбора темы настоящей работы было стремление внести свою лепту в возрождении статуса демонстрационного эксперимента.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка демонстраций по разделам «Нестационарные магнитные и электрические поля» и «Переменный ток» школьной профильной учебной программы.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи** дипломного исследования:

1. Провести теоретико-методологический обзор соответствующей учебной и методической литературы по выбранной теме.
2. Ознакомиться с задачами демонстрационного физического эксперимента и предъявляемыми к нему требованиями.
3. Выяснить, какие дополнительные ресурсы заложены в оборудование школьного физического кабинета

4. На основе информации, полученной по п.п. 1-3, предложить цикл реальных демонстрационных опытов.

5. Разработать компьютерные демонстрации на основе программы «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ».

Работа состоит из *введения, основной части из четырех разделов, заключения и списка использованных источников.*

Во *введении* обоснована актуальность выбранной темы.

В основной части работы отмечены трудности, возникающие при изучении обозначенных выше тем, рассмотрены функции демонстрационных опытов и сформулированы критерии оценки их качества, предложена серия «живых» и компьютерных демонстраций.

В *заключении* подведены итоги проделанной работы.

Краткое содержание

В *первой главе* отмечены особенности нестационарных магнитных и

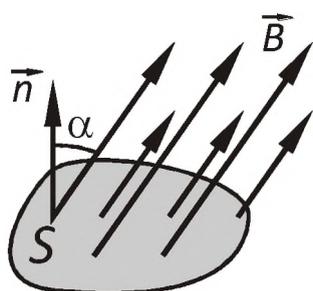


Рис. 1. Поток вектора \vec{B}

электрических полей. Они являются следствием явления электромагнитной индукции, открытого М. Фарадеем: *во всех случаях ЭДС индукции равна скорости изменения магнитного потока Φ через площадь S , ограниченную контуром, взятой с противоположным знаком.* Если в однородном магнитном поле индукции \vec{B} расположить элемент плоскости площадью S

с нормалью \vec{n} к нему (рис. 1), то величина магнитного потока через такую площадку равна

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где α – угол между векторами \vec{B} и \vec{n} .

Формулу закона Фарадея можно записать в виде:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Наличие знака «минус» в формуле объясняется правилом Ленца или законом сохранения энергии: *\mathcal{E} всегда имеет такое направление, чтобы*

возникший в результате её действия индукционный ток, воспрепятствовал причине, вызвавшей эту ЭДС.

В покоящемся замкнутом проводнике электрический ток, может возникнуть только в том случае, когда на свободные электроны, находящиеся в нем, подействовало электрическое поле. Следовательно, следствием изменения магнитного потока является появление электрического поля в проводнике, которое называют индукционным (или вихревым). Его силовые линии замкнуты и поэтому оно не может быть вызвано определенным распределением зарядов. Вихревой характер индукционного электрического поля подтверждается возникновением вихревых токов в массивных проводниках.

ЭДС индукции возникает во всех элементах цепи, где меняется поток магнитной индукции, тогда как, например, ЭДС химического элемента или термопары возникают только в определенном участке, у аккумулятора ЭДС возникает в пограничном слое между металлом и электролитом.

Как показывает опыт, особенность ЭДС индукции состоит в её независимости от рода вещества проводника, от его температуры. По сути, проводники в явлении электромагнитной индукции играют второстепенную роль, выполняя роль некоего прибора, обнаруживающего электрические вихревые поля. Если контур не проводящий (например, условно проведенный в воздухе), то можно говорить лишь об ЭДС индукции.

Для индукционного электрического поля иная, по сравнению с электростатическим, зависимость напряженности от расстояния: оно обнаруживается в пространстве гораздо дальше от источника возбуждения.

Хотя индукционное электрическое поле отличается по свойствам и структуре от электростатического, по действию на электрические заряды они сходны, и это является основным свойством всех электрических полей.

Описание свойств индукционных электрических полей проводится с помощью традиционных физических величин – напряженности \vec{E} и ЭДС. Однако понятие потенциала в силу вихревого характера поля здесь не применимо.

Из закона электромагнитной индукции можно определить знак ЭДС индукции (значит, и направление вектора напряженности индукционного электрического поля). Если магнитный поток убывает ($\Delta\Phi < 0$), ЭДС индукции положительна ($\mathcal{E} > 0$), в противном случае – ($\Delta\Phi > 0$) ЭДС индукции отрицательна ($\mathcal{E} < 0$).

Направление возникшего вследствие электромагнитной индукции тока всегда подчиняется правилу Лена.

Для возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре достаточно того, чтобы магнитный поток через поверхность, ограниченную им, изменялся во времени. При этом не имеет значения ни природа магнитного потока, ни каким способом он меняется.

Когда по виткам катушки индуктивности протекает ток, внутри неё создается магнитное поле. При изменении силы тока это магнитное поле также будет изменяться. Если геометрия катушки сохраняется, то изменение тока вызовет изменение собственного магнитного потока, «пронизывающего» витки катушки, что приведет к возникновению в катушке ЭДС индукции, которая получила название ЭДС самоиндукции и обозначается символом \mathcal{E}_S . Таким образом, помимо ЭДС, вызывающей в катушке переменный ток, в ней действует еще и \mathcal{E}_S . Для неё должно выполняться правило Ленца: ЭДС самоиндукции при увеличении силы тока в цепи будет препятствовать его увеличению, а при уменьшении – будет его поддерживать.

Магнитный поток Φ через поверхность, ограниченную замкнутым контуром с током I , связан с этим током формулой

$$\Phi = LI.$$

Здесь коэффициент пропорциональности L называется индуктивностью проводника.

При изменении тока в проводнике с неизменной индуктивностью $d\Phi = LdI$. Значит, ЭДС самоиндукции для него равна

$$\mathcal{E}_S = -L \frac{dI}{dt}.$$

Явление электромагнитной индукции использовано при создании генераторов переменного тока, которые в настоящее время стали основными первичными источниками электроэнергии. Цепи переменного тока, как и индукционные токи, тоже имеют свои особенности. Например, на переменном токе у катушки, идеальной на постоянном токе, сопротивление может стать очень большим, а у конденсатора, который, в принципе, не должен пропускать ток, напротив, очень маленьким. Кроме того, появление катушек и конденсаторов в цепях переменного тока может привести к тому, что максимуму тока не будет соответствовать максимум напряжения и наоборот.

Таким образом, при изучении нестационарных процессов в рамках курса электродинамики появляются противоречивые на первый взгляд факты, требующие глубокого осмысления их физической природы того, чтобы эти мнимые «нестыковки» были сняты. На наш взгляд в большой степени этому должен поспособствовать грамотно поставленный демонстрационный эксперимент с последующим обсуждением его результатов.

Во *второй главе* рассмотрены роль демонстраций в учебном процессе: это показ учителем физических явлений и связей между ними.

Демонстрационные опыты способствуют созданию физических представлений и формированию физических понятий; они конкретизируют, делают более понятными и убедительными рассуждения учителя при изложении нового материала, возбуждают и поддерживают у школьников интерес к предмету. С помощью демонстрационного эксперимента учитель руководит ходом мыслей учащихся при изучении явлений и связей между ними. Из этого следует нерушимое правило для преподавателя физики: демонстрация должна быть органически связана с его словом, с излагаемым материалом – это одно из важнейших условий успешного формирования физических понятий. Демонстрации приучают учащихся искать источник знаний по физике в явлениях внешнего мира, в опыте, что имеет неоценимое значение для формирования их диалектико-материалистического мировоззрения. Демонстрационные опыты являются органической частью урока. Они могут быть ис-

ходным элементом для объяснения, иллюстрировать и сопровождать рассказ, беседу, объяснение и лекцию учителя, подтверждать изложенное. Демонстрационные опыты используются также для постановки экспериментальных задач и (хотя гораздо реже) – при опросе учащихся и повторении пройденного.

Демонстрационный эксперимент не может быть подменен примерами из жизненных наблюдений учащихся. Во-первых, эти наблюдения неодинаковы у разных учащихся, а поэтому они не могут явиться основой для формирования нового знания. Во-вторых, они могут оказаться у отдельных учащихся не совсем правильными. В-третьих, этих представлений далеко не всегда бывает достаточно для понимания и надлежащего восприятия того или иного нового материала. В-четвертых, то или иное явление или процесс, наблюдаемое в природе или технике, происходит в сложной взаимосвязи с другими побочными явлениями. Демонстрационные опыты воспроизводят эти явления с минимальным числом побочных факторов. Благодаря этому у учащихся имеется возможность непосредственно наблюдать особенности изучаемых явлений или закономерностей, выделять их существенные черты и так далее. Все это приводит в школьных условиях к необходимости проводить в классе нужные для обучения специально организованные демонстрационные опыты. Помимо важной роли демонстрационных опытов в усвоении содержания нового учебного материала, они имеют большое значение в выработке у учащихся экспериментальных умений и навыков. В процессе восприятия и осмысливания демонстрационных опытов школьники учатся наблюдать за физическими явлениями, отрабатывать результаты измерений, использовать различные физические приборы и так далее. Все это подготавливает учащихся к самостоятельным экспериментальным работам. Велика роль демонстрационных опытов при повторении учебного материала. Повторно проводимые опыты позволяют учащимся ярче воспроизвести в памяти ранее изученный материал, глубже проникнуть в сущность физических яв-

лений и закономерностей, подметить ранее ускользнувшие от внимания черты и свойства изучаемых объектов.

В *третьей главе* дается описание натуральных демонстрационных экспериментов, позволяющих глубже понять сущность физических процессов, возникающих вследствие электромагнитной индукции. Глава начинается с перечисления необходимого оборудования и электроизмерительных приборов, необходимых для проведения запланированных опытов. Ими, как правило, оснащены школьные физические кабинеты. Это немаловажное обстоятельство позволяет считать предлагаемые демонстрации легко реализуемыми.

Отличительная особенность ряда экспериментов состоит в нетрадиционном использовании элементов учебного трансформатора: опыты проводятся с использованием источника постоянного тока. Это обусловлено тем, что в этом случае отключение или подключение цепи с большой индуктивностью может вызвать появление значительной ЭДС индукции, которую легко обнаружить.

Помимо демонстрации возникновения \mathcal{E}_S , в главе описаны опыты, подтверждающие тот факт, что на переменном токе сопротивление проводников определяются их геометрией и магнитными свойствами окружающей среды.

Приведена схема демонстрации, позволяющей убедиться в правильности правила Ленца.

Показано, что свойства цепи, состоящей из двух одинаковых катушек с общим магнитопроводом, зависят от способа их соединения.

С помощью самодельной экспериментальной установки продемонстрировано возникновение ЭДС индукции в прямом проводнике при его движении в магнитном поле. Этот опыт является иллюстрацией к теоретическому материалу, изложенному в учебнике физики:

$$\mathcal{E}_i = vlB\sin\alpha.$$

С целью достижения максимального позитивного эффекта, результаты каждого опыта подробно обсуждаются, отмечается главная причина наблюдаемого физического явления.

В *четвертой главе* на основе электронного конструктора «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ» приведены разработанные компьютерные демонстрации по выбранной теме, рассчитано на пользователей, имеющих *достаточный опыт работы* с этой программой.

В настоящее время практически каждая школа имеет компьютерный класс, а во многих семьях есть персональные компьютеры. Учитель физики должен знать, что в Интернете в свободном доступе имеется компьютерная программа «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ». Она вполне пригодна для системного проведения демонстраций явлений, характерных для цепей переменного тока. Анализируя полученную при этом информацию, можно получить сведения, полезные для углубления знаний об их природе.

В главе приведено описание серии виртуальных экспериментов, которые демонстрируют, что поведение идеальной катушки индуктивности и конденсатора на переменном токе иное, чем известное нам для постоянного тока. При этом опытным путем показано, какими факторами обусловлены выявленные особенности.

Исследованы цепи переменного тока с активными и реактивными элементами. В частности показано, что для действующих значений напряжений и токов в цепях активного характера применимы законы, известные для постоянного тока.

В результате компьютерного моделирования получены формулы для реактивных сопротивлений идеальной катушки индуктивности и конденсатора.

Благодаря тому, что в конструкторе «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ» имеется двухканальный осциллограф, появилась возможность показать и одновременно оценить фазовые сдвиги между током и напряжением в цепях с реак-

тивными сопротивлениями. По итогам исследований сделан вывод о том, что для таких цепей расчеты нужно проводить на основе теоремы Пифагора.

Продемонстрирована возможность возникновения резонанса в цепи составленной из последовательно соединенных резистора, идеальной катушки индуктивности и конденсатора.

Из содержания четвертой главы следует, что компьютерный эксперимент, будь он демонстрационным или иным по назначению, обладает определенными преимуществами перед натурными исследованиями. Например, среди реальных катушек невозможно найти идеальную, так как все они имеют активное сопротивление. Возможности «живого» опыта определяются оснащением школьного физического кабинета, а оно, как известно, весьма скромное. Помимо этого плохое состояние контактов электрических схем, неустойчивость в работе источников питания и тому подобное порой сводят на нет убедительность опыта. Указанные обстоятельства необходимо принимать во внимание учителю при планировании школьных демонстрационных экспериментов. Нужно сначала задуматься над тем: что целесообразнее выбрать – «живую» демонстрацию или компьютерную?

Заключение

Итак, вполне можно считать, что сформулированная во введении цель работы достигнута: предложена серия натуральных и компьютерных демонстраций тех явлений, которые возникают в результате действия нестационарных магнитных и электрических полей. Для реализации предлагаемых демонстраций достаточно использовать только стандартное оборудование школьного физического кабинета. Таким образом, допустимо считать, что в результате составлено некое пособие для школьного учителя.

Конечно, содержание работы охватывает далеко не все версии демонстрационных экспериментов по выбранной теме. Здесь описаны те из них, которые *на наш взгляд* в большей степени позволят глубже заглянуть в сущность такого сложного явления как электромагнитная индукция и того, что ею обусловлено. Этому в определенной степени содействует и то обстоя-

тельство, что помимо описания самого опыта проводится подробное обсуждение его результатов.

Обращение к компьютерной программе «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ» позволило легко получить ряд результатов, недостижимых в «живом» эксперименте – получить формулу для индуктивного сопротивления идеальной катушки. Кроме того инструментарий программы дает возможность обнаружить фазовый сдвиг между током и напряжением в цепях синусоидального переменного тока, содержащих реактивные элементы (катушку индуктивности или конденсатор). С помощью имеющегося в программе двухлучевого осциллографа легко подтвердить возможность возникновения резонанса напряжений. Из сказанного напрашивается вывод: наибольший эффект демонстрации достигнут в том случае, когда учитель «живые» опыты будет умело сочетать с компьютерным моделированием.

Список использованных источников

1. Явление электромагнитной индукции [Электронный ресурс], URL: <http://mirznanii.com/a/323994/yavlenie-elektromagnitnoy-induktсии> (дата обращения 10.01.2018)
2. Мякишев Г.Я. Физика. Электродинамика. 10-11классы / Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков, Б.А.Слободсков. М.: Дрофа, 2010. 476 с.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника./А.С.Касаткин, М.В.Немцов. М.:Академия, 2005.544 с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 Т. Т. 2. Электричество и магнетизм / И.В. Савельев. М.: Наука, 2009. 442 с.
5. Эрганова Н. Е. Методика профессионального обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. Е. Эрганова. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 160 с.
6. Теория и методика обучения физике в школе: общие и частные вопросы: учеб. пособие для студентов высших пед. учеб. Заведений. / Под редакцией С.Е. Каменецкого. М.: Академия, 2000. 368 с.

7. Роль демонстрационного эксперимента при изучении физики в школе [Электронный ресурс], URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=870663> (дата обращения 15.01.2018)
8. Демонстрационный эксперимент по физике [Электронный ресурс], URL: <https://yandex.ru/search/?text> (дата обращения 18.01.2018)
9. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: учебн. для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн 1. Общие основы. Процесс обучения / Подласый И.П. М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2001. 576 с.
10. Подласый И.П. Педагогика: Новый курс: учебн. для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн. 2: Процесс воспитания / Подласый И.П. М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2001. 256 с.
11. Выпрямитель ВС 24 [Электронный ресурс], URL: <https://yandex.ru/search/?text> (дата обращения 18.01.2018)
12. Физика \ Практикум развития практических навыков по физике . Реостаты и делители напряжения (Лабораторная работа № 4(а)) [Электронный ресурс], URL:<https://vunivere.ru/work23155/page2> (дата обращения 28.01.2018)
13. Звуковой генератор "ГЗШ-63" [Электронный ресурс], URL: <http://www.rwbase.narod.ru/00/prib/gzsch63.html>
14. Гаманюк В.Б., Недогреева Н.Г. Цепи переменного тока: учебное пособие. / В.Б.Гаманюк, Н.Г.Недогреева. Саратов: Изд-во. СРОО «Центр» Просвещение», 2014. с.82.
15. Цепь переменного тока [Электронный ресурс], URL: <https://www.google.ru/search?ie=UTF-> (дата обращения 25.01.2018)
16. Переменный ток [Электронный ресурс], URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/088/106.htm> (дата обращения 15.02.2018)
17. Касаткина И.Л. Физика для старшеклассников и абитуриентов: интенсивный курс подготовки к ЕГЭ / И.Л. Касаткина. Москва : Омега-Л, 2012, с.735.

18. Токи Фуко. Вихревые токи и их применение [Электронный ресурс], URL: <http://infoelectrik.ru/nemnogo-osnov-elektrotehniki/vihrevye-toki.html> (дата обращения 25.01.2018)
19. Устройство и принцип работы трансформатора [Электронный ресурс], URL: <http://sesaga.ru/ustrojstvo-i-princip-raboty-transformatora.html> (дата обращения 05.02.2018)
20. Начала ЭЛЕКТРОНИКИ [Электронный ресурс]: электронный конструктор. Алма-Ата, 1998.
21. Гаманюк В.Б., Недогреева Н.Г. Исследование электрических цепей при помощи электронного конструктора «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ»: учебно-методическое пособие. / В.Б.Гаманюк, Н.Г.Недогреева под ред. Б.Н.Железовского. Саратов: Изд-во СРОО «Центр «Просвещение», 2014. с.69.