

ВВЕДЕНИЕ

Не вызывает сомнения что, дополняя изложение теоретических положений тщательно подготовленными демонстрациями, можно добиться более глубокого понимания сущности того или иного физического явления.

К глубокому сожалению, подобная форма обучения, как в средних, так и в высших учебных заведениях в настоящее время, мягко говоря, обойдена вниманием. Это обстоятельство не может не отразиться на качестве обучения.

Особенно важно использовать демонстрации при изучении тех тем, которые наиболее трудны для восприятия учениками. К таковым в полной мере можно отнести разделы школьной программы, посвященные изучению магнитных явлений. Это объясняется тем, что их теоретическое описание требует использования достаточно сложного математического аппарата. В этой ситуации вполне естественно «центр тяжести» обучения перенести на использование поставленного своими руками эксперимента.

Основным побудительным мотивом выбора темы настоящей работы было стремление внести посильный вклад в дело возрождения статуса демонстрационного опыта.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка демонстраций по разделам «Стационарные и нестационарные магнитные 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, двух глав основной части, заключения и списка использованных источников.*

Во *введении* обоснована актуальность выбранной темы.

В основной части работы рассмотрены функции демонстрационных опытов и сформулированы критерии оценки их качества, приведены основные сведения из теории, дается описание необходимой технической базы для проведения запланированных демонстраций, предложена серия «живых» и компьютерных экспериментов, приведены отзывы о целесообразности использования результатов работы в учебном процессе.

В *заключении* подведены итоги проделанной работы.

Краткое содержание

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой учебно-методическое пособие предназначенное для старших классов школ. Предназначенное на ознакомление учащихся с демонстрациями по разделам «Стационарные и нестационарные магнитные поля» и «Переменный ток» школьной профильной учебной программы. Использование данного учебно-методического пособия должно расширить кругозор и повысить не только уровень технической культуры школьников, но и оказать влияние на их отношение к выбору будущей профессии, помочь учащимся в профориентации.

В первой главе «**Место эксперимента в процессе обучения**» говорится об учебном эксперименте, что это воспроизведение на уроке с помощью специальных приборов физического явления или его практического применения в условиях, наиболее удобных для его изучения.

В процессе научного познания окружающего мира используются два метода – теоретический и экспериментальный. Для первого из них

характерны теоретический анализ, выдвижение гипотезы, моделирование, мысленный эксперимент, теоретические обобщения, дедуктивные выводы. Для второго характерны наблюдения, выдвижение гипотезы, абстрагирование и идеализация, экспериментальная проверка гипотезы, анализ результатов, эмпирическое обобщение [1].

В учебном процессе применяются оба названных метода. При этом теоретический применяется при выводе и трактовке основных понятий, законов и теорий, а экспериментальный – реализуется в различных формах учебного эксперимента. Оба метода тесно связаны: эксперимент выявляет новые факты науки, тем самым, стимулируя развитие теоретических исследований, теория же развивает и конкретизирует обнаруженные явления, направляет и ориентирует дальнейшие экспериментальные исследования.

Законы физики базируются на результатах, установленных опытным путем. В рамках выбранной темы примером тому может служить закон Ампера [2], сформулированный на основе многочисленных экспериментов.

Первым шагом к познанию является наблюдение. В результате накапливается определенное количество тех или иных фактов. Безусловно, только этим этапом в науке ограничиваться нельзя. Вслед за этим идет эксперимент, выработка понятий, допускающих качественные характеристики. Чтобы из наблюдений сделать общие выводы, выяснить причины явлений, надо установить количественные зависимости между величинами. Если такая зависимость получается, то найден физический закон. Если найден физический закон, то нет необходимости ставить в каждом отдельном случае опыт, достаточно выполнить соответствующие вычисления. Изучив экспериментально количественные связи между величинами, можно выявить закономерности. На основе этих закономерностей развивается общая теория явлений.

Подводя итог сказанному выше, можно заключить, что изложение курса физики в средней школе должно широко опираться на эксперимент.

Это обусловлено тем, что основные этапы формирования физических понятий – наблюдение явления, установление его связей с другими, введение величин его характеризующих, не могут быть эффективными без применения физических опытов. Демонстрация опытов на уроках, показ некоторых из них с помощью кино и телевидения, выполнение лабораторных работ учащимися составляют основу экспериментального метода обучения физике в школе.

Учебный эксперимент – это воспроизведение на уроке с помощью специальных приборов физического явления или его практического применения в условиях, наиболее удобных для его изучения.

Будучи средством познавательной информации, учебный эксперимент одновременно является и главным средством наглядности при изучении физики; он позволяет наиболее успешно и эффективно формировать у школьников конкретные образы, адекватно отражающие в их сознании реально существующие физические явления, процессы и законы, их объединяющие.

Экспериментальный метод предполагает активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях [3]. Экспериментальный метод в физике включает в себя теоретическую и практическую подготовку запланированных исследований. Сюда входят: формулирование гипотезы; постановка вопроса; выдвижение познавательной задачи; создание экспериментальной установки; проведение эксперимента в условиях, подконтрольных исследователю, проведение измерений; анализ экспериментальных данных, описание открытого явления и его свойств, формулирование научного вывода или положения.

Чтобы дать учащимся глубокие и прочные знания, сформировать у них важные практические умения и навыки, необходима координация в применении различных видов учебного эксперимента.

Система учебного эксперимента по физике включает следующие виды [6]:

1. **Демонстрационные** опыты (демонстрационный эксперимент). Их постановка требует высокого экспериментального мастерства, связанного с использованием различного оборудования. Важное значение имеют демонстрации опытов, иллюстрирующих объяснение учителя. Такие демонстрации имеют высокую педагогическую эффективность, поскольку учитель руководит наблюдением школьников и обращает их внимание на важные для понимания сущности явления обстоятельства.

2. **Фронтальные** лабораторные работы, опыты и наблюдения. В этом виде эксперимента работы выполняются всеми учениками класса (звеньями или индивидуально) одновременно на однотипном оборудовании и под руководством учителя (учитель проводит вступительный и текущий устный инструктаж, показывает отдельные приемы работы, выполняет на доске необходимые рисунки и записи, организует обсуждения полученных результатов). 3. **Физические практикумы**. Ученики выполняют эту работу по завершении учебного года самостоятельно, пользуясь письменными инструкциями, по которым они заранее готовились к выполнению эксперимента.

4. **Внеклассные** опыты и наблюдения. К ним относятся простые опыты, выполняемые учащимися дома, и наблюдения, проводимые в повседневном окружении, природе, промышленном и сельскохозяйственном производстве без непосредственного контроля учителя за ходом наблюдения. Для экспериментальных работ подобного рода учащиеся используют предметы домашнего обихода и подручные материалы, самодельные приборы, игрушечные наборы, “конструкторы”.

Приведённая классификация школьного физического эксперимента наиболее общая и распространённая, она даёт возможность рассмотреть его с точки зрения методов обучения, правильно определить место каждого из его видов в системе учебных занятий по физике, рационально подобрать учебное

оборудование. Вместе с тем допустимы и целесообразны в отдельных случаях другие способы классификации. Так, различают количественные и качественные опыты, выделяют экспериментальные задачи и творческие задания, так называемые фундаментальные опыты и демонстрации технических установок.

Чтобы принять решение о типе планируемого эксперимента, в первую очередь необходимо уяснить, какую функцию он должен выполнять в каждом конкретном случае.

Следующий шаг – выбор формы проведения эксперимента, которая должна находиться в прямой связи с дидактической целью урока и его дидактической структурой. При этом надо учитывать предыдущий чувственный опыт учащихся, уровень абстрактного мышления, степень утомления, наличие оборудования в физическом кабинете и многое другое. Но самый существенный аргумент для окончательного решения – возможность обеспечения при постановке данного опыта органической связи между словесными и наглядными элементами урока.

Демонстрационный эксперимент как метод обучения принадлежит к иллюстративным методам. Согласно [8] технология его проведения соответствует рисунку 1.

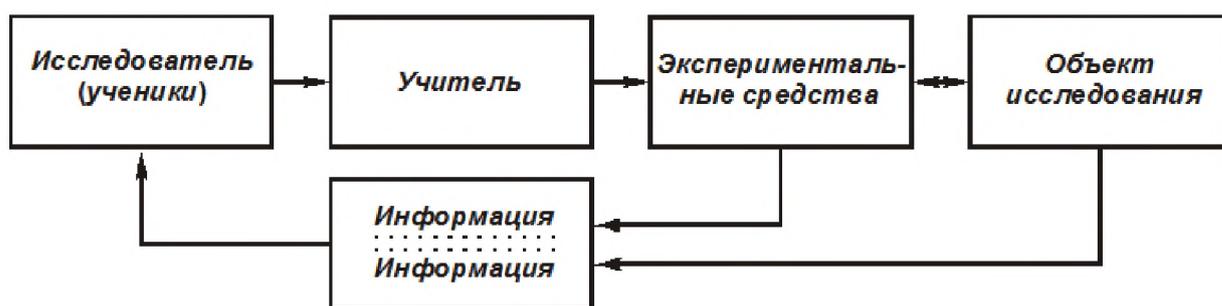


Рисунок 1 – Структурная схема демонстрационного эксперимента

Использование демонстраций позволяет сравнительно быстро сделать понятными важные обобщения и имеет большое значение для показа обучающимся приёмов проведения самостоятельного эксперимента. Проведение демонстраций вполне доступно для подавляющего большинства школ, так как требует оборудования только в одном экземпляре.

В силу своей специфики только демонстрационный эксперимент не всегда обеспечивает приобретение школьниками глубоких знаний. Все дело в том, что главное действующее лицо при демонстрациях – *учитель*. Он не только организует учебную работу, но и проводит демонстрацию опытов. В этом, собственно, и состоит существенный недостаток демонстрационного эксперимента: ученики сами не работают с приборами (хотя некоторые из них могут вовлекаться в подготовку демонстраций) и поэтому многого не замечают и не всегда могут самостоятельно объяснить суть наблюдаемых явлений.

Перечень обязательных демонстраций из каждой темы школьного курса физики есть в программе. В первую очередь, это фундаментальные опыты, которые составляют экспериментальную базу современной физики. К ним можно отнести, например, Эрстеда, Фарадея, Герца, Столетова. Некоторые из них могут быть воспроизведены в школьных условиях с достаточной достоверностью, другие же требуют сложного и дорогостоящего оборудования (опыты Лебедева, Милликена, Резерфорда), и поэтому могут быть показаны лишь средствами кино, телевидения, или с помощью компьютерных моделей. Постановка указанных опытов должна быть максимально четкой, а их объяснение – продуманным и отображающим не только физическую суть эксперимента, но и его место в системе физической науки.

Поскольку современная методика физики предлагает большое количество демонстраций из каждой темы школьного курса физики, перед учителем всегда возникает проблема отбора опытов при подготовке к каждому уроку. При наличии нескольких вариантов опытов следует отобрать те, которые:

- наиболее полно отвечают теме и дидактическим целям урока;
- эффективно вписываются в логическую структуру урока;
- наиболее выразительно иллюстрируют явление или физическую теорию;

- могут быть воспроизведены на самом простом оборудовании (но без потери эффективности).

Главным условием активного участия класса в проводимом демонстрационном эксперименте является ясное понимание всеми его членами узловых моментов: с какой целью ставится эксперимент, какой путь избран учителем для ее достижения, и каково назначение каждой детали (узла) используемой установки.

Оборудование, изготовленное самостоятельно

При изучении магнитных явлений определенный интерес представляют демонстрационные эксперименты, позволяющие получить информацию о структуре магнитных полей. Говоря на языке силовых линий, нужно знать их направление и густоту. Прибор, позволяющий получить такую информацию, был изготовлен самостоятельно [16].

В случае нестационарных магнитных полей их структуру можно изучать на основе явления электромагнитной индукции. Действительно, при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную проводящим контуром, в последнем возникает ЭДС индукции \mathcal{E}_i . По величине \mathcal{E}_i можно судить о модуле вектора индукции магнитного поля \vec{B} и о его направлении. На этой основе, как правило, и изготавливают индикаторы магнитного поля. В них датчиком служит катушка индуктивности. Такие устройства могут отличаться как конструкцией, так и электрическими схемами. Сведения о них можно получить в Интернете.

Очевидно, магнитное поле созданное переменным током небольшой частоты, имеет структуру адекватную той, которая бы соответствовала постоянному току, протекающим по той же цепи. Значит, индукционные индикаторы могут представлять интерес и при изучении стационарных

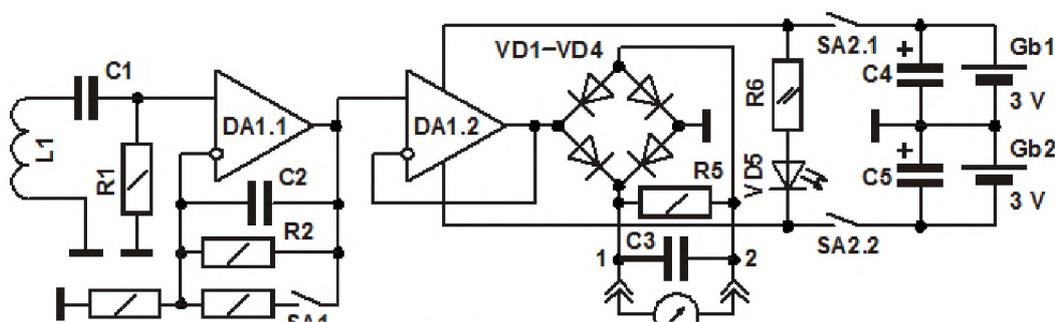


Рисунок 2 – Электрическая схема прибора

полей.

В настоящей работе предлагается индикатор, электрическая схема которого представлена на рисунке 2.

Здесь $L1$ – индукционный датчик, представляющий собой миниатюрную катушку, намотанную проводом ПЭЛ 0.09 на каркасе специальной конструкции (рисунок 3), изготовленного из оргстекла или любого другого подходящего изоляционного материала – текстолита, гетинакса, эбонита и так далее. Число витков обмотки равно 500.

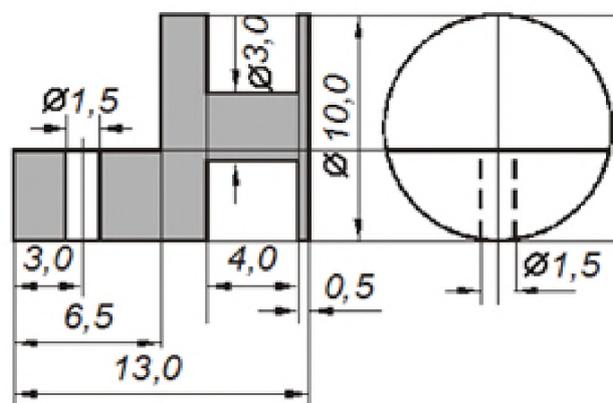


Рисунок 3 – Чертеж каркаса

В каркасе предусмотрено отверстие, которое служит для установки катушки на держателе и одновременно позволяет поворачивать её на 180° .

Сигнал, возникший в индукционном датчике, поступает на один из входов микросхемы $D1$, в качестве которой используется сдвоенный операционный усилитель $LM358N$. Выбор этой микросхемы обусловлен тем, что она способна работать при низких уровнях напряжения питания. Коэффициент усиления можно регулировать в отношении 5:1 переключателем $SA1$. В экспериментах питание источников магнитного поля планируется осуществлять переменным током с частотой не выше 400 Гц. Поэтому для улучшения стабильности устройства целесообразно ограничить усиление в области высоких частот. С этой целью в цепь обратной связи введен конденсатор $C2$.

Вторая половина микросхемы работает повторителем. Тем самым обеспечивается согласование сравнительно низкого сопротивления измерительных стрелочных приборов с усилителем.

$VD5$ выполняет лишь роль индикатора включения прибора. Поэтому из соображений экономии энергии батареек здесь использован слаботочный светодиод $DB3b142d$. Это позволило максимально увеличить номинал резистора $R6$ при сохранении достаточной яркости свечения.

Для выпрямительного моста $VD1 - VD4$ использованы маломощные диоды Шоттки $1N5817$. Они выгодно отличаются небольшим падением напряжения при прямом включении. Резистор $R5$ является нагрузкой моста, $C4$ – сглаживает пульсации.

К выходным зажимам индикатора может быть присоединен самодельный милливольтметр постоянного тока, полученный последовательным присоединением резистора к имеющемуся в наличии гальванометру чувствительностью не хуже 1 мА. Чтобы иметь возможность изменять чувствительность измерительного прибора согласно решаемым задачам в качестве такого резистора целесообразно использовать переменное сопротивление.

Источником двуполярного питания прибора служат два элемента $CR2932$ с ЭДС 3 В.

При изготовлении индикатора были использованы радиокомпоненты следующих номиналов: $R1 - M10$, $R2 - M15$, $R3, R5 - 1k0$, $R4 - 3k0$, $C1$ – неполярный электролитический конденсатор $10M \times 50V$, $C1 - 4n7$, $C3 - 1M0$, $C4, C5 - 220M \times 10V$.

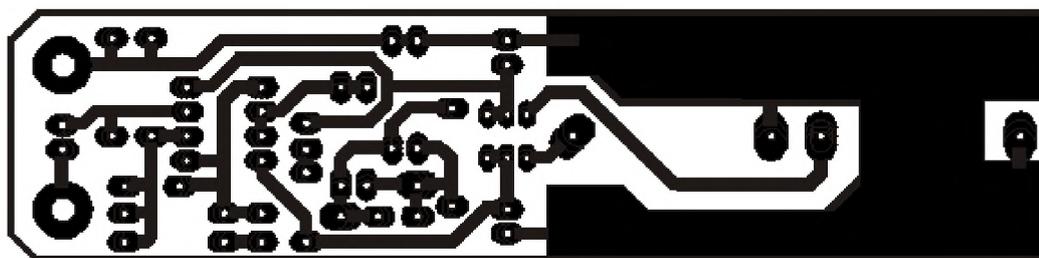


Рисунок 4 – Трассировка печатной платы

Детали устройства кроме $L1, SA1$ и зажимов для подключения милливольтметра, смонтированы на печатной плате. Пример её трассировки и расположения элементов схемы даны на рисунках 4 и 5

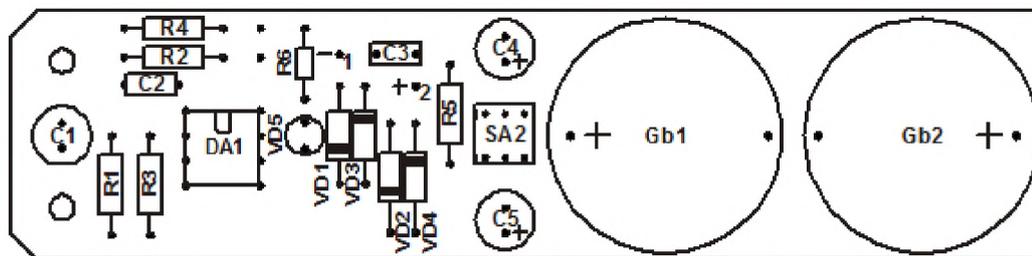


Рисунок 5 – Расположение деталей на плате



Рисунок 6 – Планка-держатель индуктивного датчика

Катушка $L1$ устанавливается на отдельном основании (рисунок 6) из фольгированного стеклотекстолита. Её выводы припаиваются к предварительно вытравленным дорожкам. Такой вариант продиктован экономией расходных материалов. Кроме того, в этом случае легче вводить датчик внутрь катушек индуктивности. Вся конструкция с помощью винтов крепится к основной плате так, чтобы обеспечить электрический контакт между ними. Для установки источников питания использованы специальные кассеты, которые можно демонтировать с материнских плат отслуживших свой срок компьютеров или приобрести в магазинах радиодеталей.

Переключатель чувствительности прибора $SA1$ и зажимы для измерительного прибора смонтированы на корпусе индикатора, выбор которого определяется материальными возможностями и эстетическими предпочтениями будущего конструктора.

Используя разработанное устройство можно, например, показать, что магнитное поле соленоида сосредоточено внутри него, оно однородно, его силовые линии параллельны оси катушки.

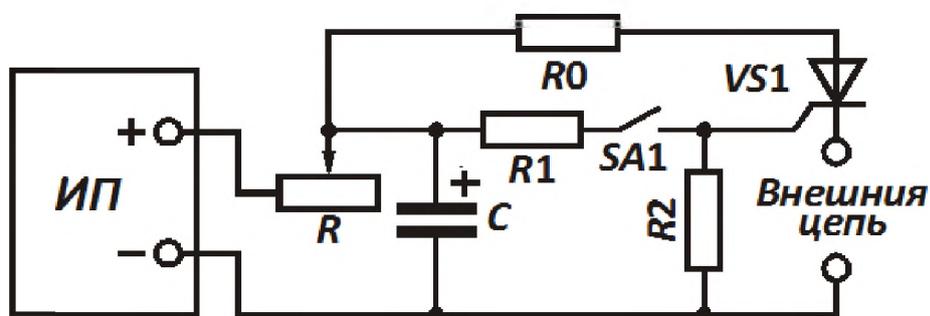
В качестве демонстрационных опытов в школе целесообразно повторить классические эксперименты Эрстеда и Ампера. Для их проведения необходимы источники токов большой силы. В качестве таковых могли бы служить аккумуляторные батареи или сетевые выпрямителями, обеспечивающими токи силой в несколько десятков ампер. Как правило, школьные физические кабинеты лишены подобного оборудования. Выходом из этой ситуации может оказаться использование энергии W конденсатора достаточно большой емкости. Она равна [17]

$$W = \frac{CU^2}{2}, \quad (20)$$

где C – емкость конденсатора, а U – напряжение на его обкладках. Попутно заметим, что повышение рабочего напряжения является более радикальным способом увеличения энергии, нежели наращивание емкости.

Поскольку в течение небольшого промежутка времени с момента разряда внутреннее сопротивление конденсатора пренебрежимо мало, в нагрузке можно получить ток большой силы, величина которого ограничивается только сопротивлением цепи. Несмотря на то, что эксперименты с таким источником кратковременны, суть физического явления вполне может быть установлена.

Применять механический ключ для подключения заряженного конденсатора нельзя, так как это приводит к появлению искрового разряда в его контактах, приводящему к большим потерям энергии. Поэтому коммутацию следует производить посредством электронного устройства. Эту функцию может выполнять схема, предложенная на рисунке 7.



Здесь ИП – источник постоянного тока, посредством которого конденсатор заряжается через реостат R . Он нужен для предохранения ИП от чрезмерно большого зарядного тока. Внешние цепи подключаются мощным тиристором $VS1$ путем подачи кнопкой $SA1$ напряжения на его управляющий электрод с делителя $R1, R2$. В схеме предусмотрен балластный резистор $R0$, подбором величины которого достигаются наилучшие результаты

Рисунок 7 – Схема подключения заряженного конденсатора

планируемых экспериментов. Поскольку зарядка конденсаторов осуществляется через реостат достаточно большого сопротивления, при разряде батареи C нет необходимости отключать источник питания. Однако необходимо учитывать, что при слишком малом значении R после разряда конденсатора тиристор не сможет закрыться. В этом случае для приведения схемы в исходное состояние нужно будет на некоторое отключить *ИП* от сети.

С целью уменьшения потерь в самой схеме все соединения, кроме цепей управления тиристором, нужно выполнить медными проводами большого сечения.

В настоящее время налажено производство так называемых суперконденсаторов (ионисторов), обладающих емкостью, исчисляемой сотнями и даже тысячами фарад. Их существенным недостатком является низкое значение рабочего напряжения – менее 3 вольт. Однако, соединяя такие элементы в батареи, можно получить источник энергии с достаточно большим напряжением. Например, известны конденсаторные батареи на 16 В емкостью 500 Ф [18]. Для них при сопротивлении цепи в доли Ома ток разряда может достигать до сотни ампер при постоянной времени в десятки секунд, чего вполне достаточно для фиксации результата эксперимента. Сказанное подтверждает целесообразность применения предложенного способа проведения демонстраций.

Заключение

Итак, вполне можно считать, что сформулированная во введении цель работы достигнута: предложена серия натуральных и компьютерных демонстраций явлений обусловленных стационарными и переменными магнитными и электрическими полями. Для реализации большинства из них достаточно использовать стандартное оборудование школьного физического кабинета.

Разработана и опробована новая технология организации питания при проведении опытов: использование энергии заряженного конденсатора. Такой подход позволяет кратковременно получать токи большой силы. Разработана электрическая схема соединения заряженного конденсатора с нагрузкой и рассмотрены перспективы её применения.

В дополнение к сказанному в процессе работы удалось сконструировать простой прибор для исследования структуры магнитных полей.

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

Обращение к компьютерным демонстрациям по программе «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ» позволило получить ряд результатов, недостижимых в «живом» эксперименте – вывести формулы для реактивных сопротивлений идеальных катушки и конденсатора. Данный факт лишний раз подтверждает, что демонстрационный эксперимент может нести в себе эвристические начала. 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). Обнаружить эти явления,

используя традиционные электроизмерительные приборы – вольтметр и амперметр, не представляется возможным.

С помощью имеющегося в программе двухлучевого осциллографа были исследованы условия возникновения резонанса напряжений.

На основе ряда проведенных демонстрационных экспериментов, посвященных явлению электромагнитной индукции создан учебный видеоролик.

Для оценки эффективности использования разработанных дидактических материалов в учебном процессе было проведено анкетирование, затрагивающее следующие вопросы:

1. Будут ли использоваться учителями видеоролики и демонстрационные опыты в школе на уроках физики;
2. Имеется ли возможность продемонстрировать видеоролики и демонстрационные эксперименты;
3. Насколько будет интересным и познавательным материал для учеников.

Анкетирование проводилось в следующих школах города Энгельса:

МОУ «СОШ №19», МБОУ «СОШ №30», МАОУ «СОШ №7», МАОУ «ОБ», МБОУ «ООШ №3», МОУ «СОШ №5, МБОУ «СОШ №9», МАУО «ООШ №29».

После показа видеоролика и проведения демонстрационных опытов на уроках физики были выданы бланки, в которых ученики и учителя ответили на несколько вопросов.

Анкета для учеников:

Вопросы

Ответы: да или нет

Интересен был видеоролик и демонстрационные опыты?

Часто ли на уроках физики демонстрируют данный материал?

Хотели бы вы, чтобы подобный материал чаще показывали на

уроках?

Анкета для учителей:

Вопросы

Ответы: да или нет

Был ли интересен данный материал?

Имеется ли возможность в школе продемонстрировать видеоролики и демонстрационные эксперименты?

Будете ли Вы использовать материал на уроках физики?

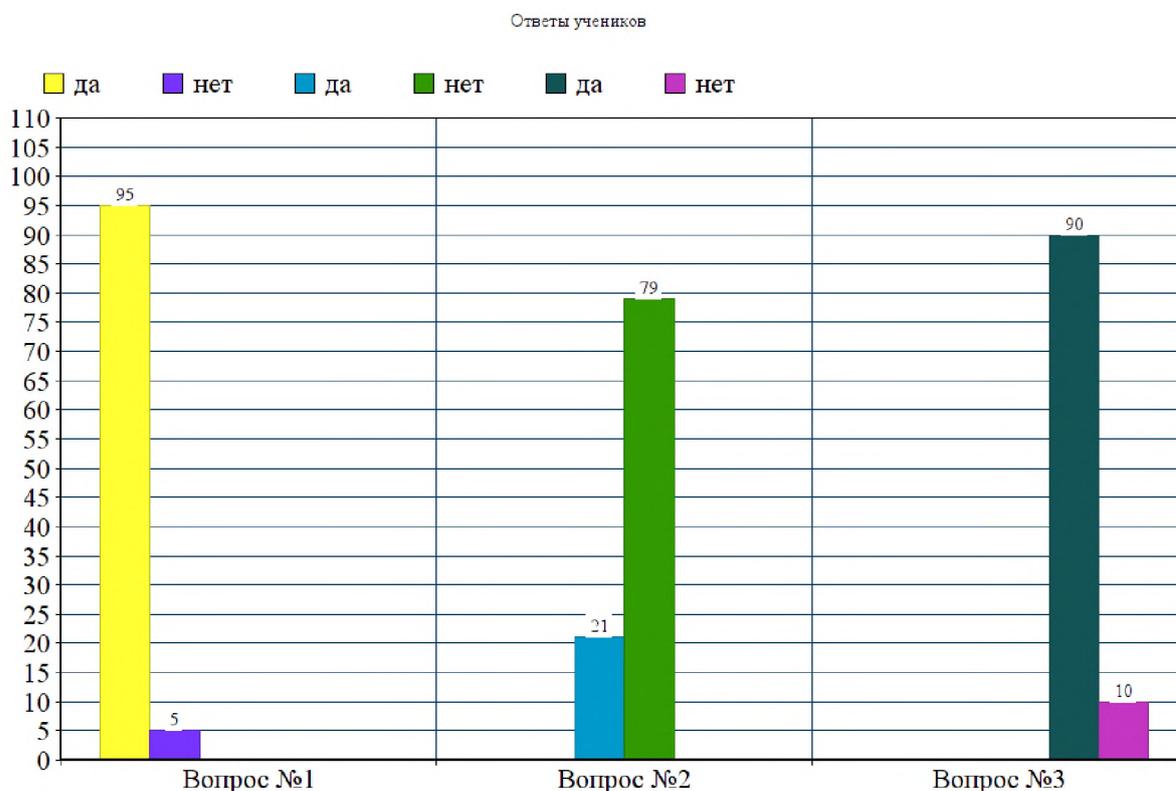
Анализ показал, что на вопросы ученикам:

1. Интересен был видеоролик и демонстрационные опыты? – 95% ответили «да»; 5% – «нет»;

2. Часто ли на уроках физики демонстрируют данный материал? – 21% ответили «да»; 79% – «нет»;

3. Хотели бы Вы, чтобы подобный материал чаще показывали на уроках? – 90% ответили «да»; 10% – «нет».

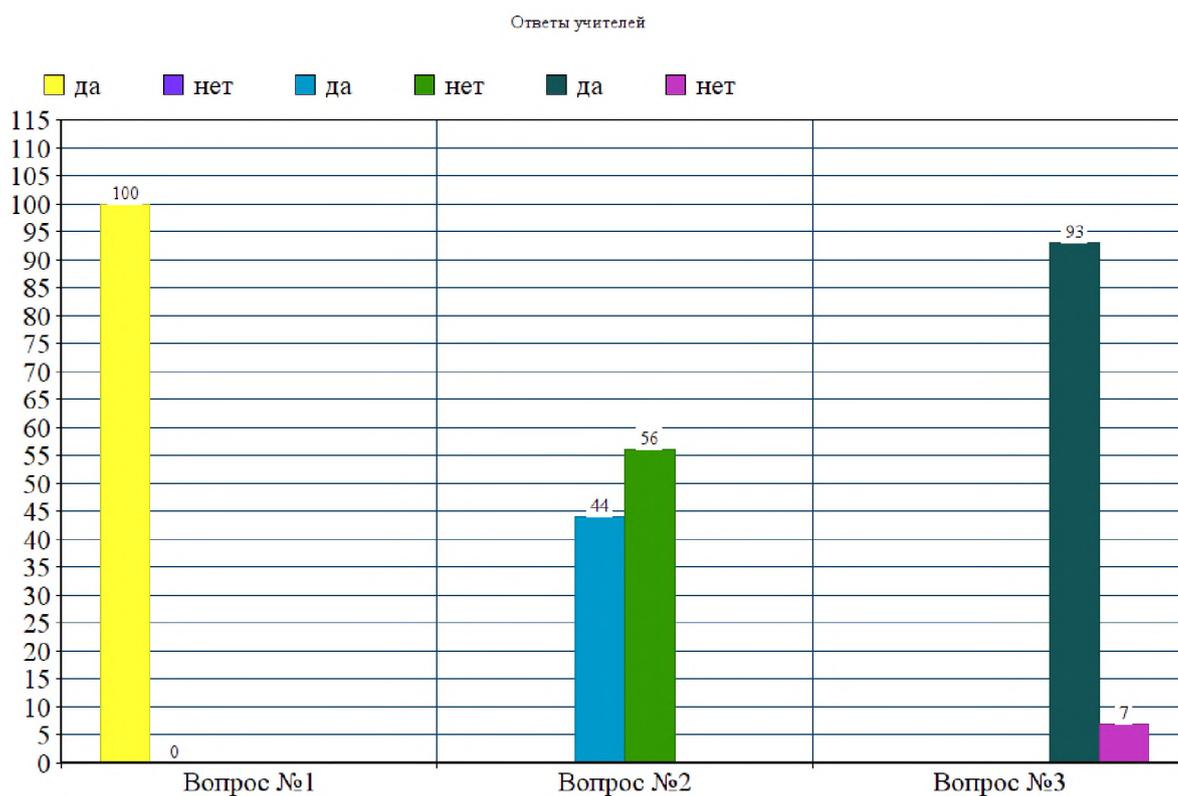
Ответы учеников были представлены графически.



На вопросы учителей:

1. Был ли интересен данный материал? –100% ответили «да»; 0% – «нет»;
2. Имеется ли возможность в школе продемонстрировать видеоролики и демонстрационные эксперименты? –44% ответили «да»; 54% – «нет»;
3. Будете ли Вы использовать материал на уроках физики?–93% ответили «да»; 7% – «нет».

Для учителей получена такая гистограмма:



Опрос показал, что созданный видеоролик и предложенные демонстрационные опыты интересны, как учителям, так и ученикам. Поэтому результаты, полученные в настоящей выпускной квалификационной работе, переданы в школы для последующего их внедрения в учебный процесс.

Записанный на DVD носителе ролик прилагается

Список использованных источников

1. Методы обучения физике [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <http://mpf.uni-altai.ru/pages/test/mofl.doc>, свободный (Дата обращения 22.03.2019). - Загл. с экрана. – яз. рус.
2. Сила Ампера. Закон Ампера — определение, формула [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: hysic.ru/zakonyi/sila-ampera.-zakon-ampera-opredelenie-formula.html, свободный (Дата обращения 25.03.2019). – Загл. с экрана. – яз. рус.
3. Кохановский В.П. Основы философии науки: учебное пособие для аспирантов / В.П.Кохановский, Т.Г.Аешкевич, Т.П.Матяш, Т.Б.Фахти. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008. – 603с.
4. Каменецкий С.Е. Теория и методика обучения физики в школе. Частные вопросы / С.Е. Каменецкий, Н.С.Пурышева, Н.Е.Важеевская и др. – М.: Академия, 2000. – 368 с.
5. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студентов пед. вузов: В 2 кн. / И.П.Подласый. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999, Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576 с.
6. Классификация учебного эксперимента. Требования к его постановке. [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <http://neudoff.net/info/fizika/klassifikaciya-uchebnogo-eksperimenta-trebovaniya-k-ego-postanovke/>, свободный (Дата обращения 08.04.2019) – яз. рус.
7. Лекция 6. Демонстрационный физический эксперимент. [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: <http://fizmet.org/ru/L6.htm>, свободный (Дата обращения 30.04.2019)
8. Структура учебной экспериментальной деятельности. [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: https://vuzlit.ru/790068/struktura_uchebnoy_eksperimentalnoy_deyatelnosti, свободный (Дата обращения 30.04.2019). – яз. рус.

9. Начала ЭЛЕКТРОНИКИ. [Электронный ресурс]: электронный конструктор. Алма-Ата, 1998.
10. 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.
11. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Взаимодействие магнитов. Действие магнитного поля на проводник с током. [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: <https://fizi4ka.ru/ogje-2018-po-fizike/opyt-jersteda-magnitnoe-pole-toka-vzaimodejstvie-magnitov-dejstvie-magnitnogo-polja-na-provodnik-s-tokom.html> свободный (Дата обращения 18.04.2019). – яз. рус.
12. Гаманюк В.Б., Дрегер Ю.Р. Научно-методические проблемы инновационного педагогического образования. В 2ч. Ч 1. / Гаманюк В.Б. Дрегер Ю.Р. // Издательство СРОО «Центр просвещение», 2018. – С. 68-71.
13. Мякишев Г.Я. Физика. Электродинамика. 10-11классы / Г.Я.Мякишев, А.З.Синяков, Б.А.Слободсков. М.: Дрофа, 2010. – 476 с.
14. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 Т. Т. 2. Электричество и магнетизм / И.В. Савельев. М.: Наука, 2009. – 442 с.
15. Явление электромагнитной индукции [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: <http://mirznanii.com/a/323994/yavlenie-elektromagnitnoy-induktсии> (дата обращения 23.04.2019). – яз. рус.
16. ВС-24М выпрямитель селеной (учебный). [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: <https://pandia.ru/text/80/139/21475.php> (дата обращения 28.04.2019). – яз. рус.
17. Устройство трансформатора. [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: http://class-fizika.ru/11_34.html (дата обращения 5.05.2019). – яз. рус.
18. Конденсаторы. Принцип работы и маркировка конденсаторов. [Электронный ресурс] – [сайт]. – URL: <https://diodov.net/kondensatory-printsip-raboty-i-markirovka-kondensatorov/> (дата обращения 8.05.2019). – яз. рус.

19. Гаманюк В.Б., Дрегер Ю.Р., Чабан В.И. Информационные технологии и математическое моделирование в естественнонаучных исследованиях / Гаманюк В.Б., Дрегер Ю.Р., Чабан В.И. // Индикатор магнитного поля. -Саратов. Издательство СРОО «Центр просвещение», 2018. – С. 21-23.
20. Гаманюк В.Б. Использование виртуальной лаборатории «Начала электроники» в разработке элективных курсов: учебное пособие / В.Б. Гаманюк, Б.Е. Железовский, Н.Г. Недогреева // - Саратов. Издательство Издательский Центр «Наука», 2013. С – 54.



Дрегер Ю.Р.