



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКИ

Система демонстрационного эксперимента по теме «Законы постоянного тока»  
Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями  
подготовки)

Направленность программы бакалавриата  
«Физика. Математика»

Проверка на объем заимствований:

58,44% авторского текста  
04.06.2018

Работа рекомендов. к защите  
рекомендована/не рекомендована

«14» июня 2018 г.

зав. кафедрой ФиМОФ

Беспаль Ирина Ивановна

Выполнил:

Студент группы ОФ-513/085-5-1

Скиданенко Дмитрий Андреевич

Научный руководитель:

профессор, доктор пед. наук

Даммер Манана Дмитриевна

Челябинск

2018

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	2
§ 1. Учебный физический эксперимент, его задачи и система .....	5
§ 2. Демонстрационный эксперимент по физике. Значение и роль демонстрационных опытов.....	6
§ 3. Методика и техника школьного демонстрационного эксперимента	9
§ 4. Методика проведения демонстрационных опытов .....	17
§ 5. Подбор демонстрационных опытов .....	23
§ 6. Выбор оптимального сочетания демонстрационного опыта с другими видами наглядности .....	26
§ 7. Умения и навыки, которыми должен владеть учитель для демонстрации опытов.....	28
§8. Техника безопасности при проведении демонстрационных опытов.	33
§9. Методика изучения электродинамики в школьном курсе физики ..	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51
Библиографический список .....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Физика – наука экспериментальная, поэтому школьный физический эксперимент является одним из основных методов обучения. Эксперимент в школьном курсе физики – это отражение научного метода исследования, присущего физике. Постановка опытов и наблюдений имеет большое значение для ознакомления учащихся с сущностью экспериментального метода, с его ролью в научных исследованиях по физике, а также в формировании умений самостоятельно приобретать и применять знания, развитии творческих способностей.

Эксперимент является одним из ведущих методов школьного курса физики. Он успешно моделирует явления, которые невозможно наблюдать непосредственно, позволяет дать заключения о степени справедливости тех или иных гипотез. Нередко эксперимент становится источником противоречий, создает на занятиях проблемные ситуации. Это случается, когда данные, полученные опытным путем, вступают в противоречие с известными физическими закономерностями. Таким образом, ясно, что изучение физики может быть полноценным только при систематическом и хорошо продуманном использовании учебного физического эксперимента, т.е. когда наблюдения и опыты станут в число ведущих методов обучения. Особенно это важно при переходе на профильное обучение.

Систематическое наблюдение учениками демонстрационных экспериментов благоприятствует овладению физическими методами познания: они осваивают требования к экспериментальным установкам, учатся измерять физические величины, делать выводы из эксперимента, объяснять результаты своих наблюдений с теоретических позиций. Публичное обсуждение продемонстрированного эксперимента развивает и поддерживает интерес

учащихся к физике, формирует их интеллектуальные и практические умения, развивает естественно-научный стиль мышления.

Несмотря на богатые традиции школьного физического эксперимента, он всегда остается одной из самых актуальных проблем обучения. Причиной тому постоянное обновление содержания обучения, школьного физического оборудования, отражающего достижения современной физики и техники. Сегодня даже самые классические, давно известные опыты приобретают новую окраску в связи с изменениями, как в промышленности, так и в системе образования. В связи с этим, считаем актуальным рассмотреть возможности школьного демонстрационного эксперимента в условиях современного обновления содержания обучения и школьного учебного оборудования.

**Объект исследования:** процесс обучения физике в основной школе.

**Предмет исследования:** школьный физический эксперимент при обучении физике в школе;

обучение разделу “Законы постоянного тока” с использованием демонстрационных экспериментов;

**Цель выпускной квалификационной работы:** провести анализ понятия «школьный демонстрационный эксперимент», выделить современные требования к демонстрационному эксперименту;

Разработать систему демонстрационного эксперимента по теме “Законы постоянного тока”.

**Задачи работы:**

- 1) Рассмотреть место демонстрационного эксперимента в обучении физике в школе;
- 2) Охарактеризовать основные требования к школьному физическому демонстрационному эксперименту;
- 3) Описать технику школьного физического демонстрационного эксперимента и методику его проведения.

4) Выделить значимые демонстрационные эксперименты в разделе “Законы постоянного тока”.

5) Разработать методику включения отобранных опытов в структуру учебного занятия по выделенным темам.

## § 1. Учебный физический эксперимент, его задачи и система

В физике источником знаний и методом исследования является эксперимент. Школьный учебный эксперимент представляет собой отражение научного метода изучения физических явлений, поэтому ему (хотя он и не тождествен научному) должны быть присущи основные элементы физического эксперимента, по которым учащиеся смогут получить представление о научном экспериментальном методе.

Учебный эксперимент — это воспроизведение с помощью специальных приборов физического явления (реже — использования его на практике) на уроке в условиях, наиболее удобных для его изучения. Поэтому он служит одновременно источником знаний, методом обучения и видом наглядности.

Общепризнано, что изложение курса физики в средней школе должно 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.

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.

Физический эксперимент представляет собой не только иллюстрацию тех или иных явлений и закономерностей: он служит средством доказательства справедливости различных теоретических положений, способствует выработке



убежденности в познаваемости явлений природы, развивает умения и навыки учащихся.

Правильно организованный школьный физический эксперимент служит также действенным средством воспитания таких черт характера личности, как настойчивость в достижении поставленной цели, тщательность в получении фактов, аккуратность в работе, умение наблюдать и выделять в рассматриваемых явлениях их существенные признаки и др.

Чтобы дать учащимся глубокие и прочные знания, сформировать у них важные практические умения и навыки, необходима координация в применении различных видов учебного эксперимента: 1) демонстрационных опытов; 2) фронтальных лабораторных работ; 3) работ физического практикума; 4) внеклассных (домашних) экспериментов.

Все эти виды учебного эксперимента обеспечивают осуществление принципов наглядности, сознательности, активности познавательной деятельности учащихся, политехнизма в преподавании физики.

Кроме общих задач, разрешаемых всеми видами учебного физического эксперимента, каждый вид имеет более узкое целевое направление, особенности в технике постановки и методике применения. В данной работе будут рассмотрены лишь вопросы, связанные с методикой и техникой школьного демонстрационного эксперимента по физике.

## **§ 2. Демонстрационный эксперимент по физике. Значение и роль демонстрационных опытов**

Демонстрационные опыты составляют большую и очень важную часть школьного физического эксперимента. Они имеют специфические дидактические задачи и методику проведения, поэтому являются предметом специального рассмотрения в методике обучения физике.

Демонстрация — это показ учителем физических явлений и связей между ними; она предназначена для одновременного восприятия учащимися всего класса. 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 неопределимое значение для формирования их диалектико-материалистического мировоззрения.

Демонстрационные опыты являются органической частью урока. Они могут быть исходным элементом для объяснения (мобилизация внимания учащихся, создание проблемной ситуации, выяснение темы занятий), 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 материала.

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 т.д.

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 т.д. 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 явлений и закономерностей, подметить ранее ускользнувшие от внимания черты и свойства изучаемых объектов.

Особое значение имеет эксперимент в 7 и 8 классах, когда учащиеся впервые приступают к изучению систематического курса физики. Здесь качество большинства уроков по физике во многом зависит от того, насколько удачно подобран, подготовлен и проведен эксперимент во время занятий.

### § 3. Методика и техника школьного демонстрационного эксперимента

Экспериментально-методическая деятельность учителя физики многогранна: от анализа явления и выбора схемы опыта до сборки экспериментальной установки и её обоснованном применении на уроке. Сложность и многообразие этой деятельности учителя отражается в содержании понятия «методика и техника школьного физического эксперимента».

Под техникой демонстрирования понимают условия, обеспечивающие наибольший эффект (в техническом смысле слова) демонстрационного опыта и его наилучшее непосредственное восприятие учащимися при соблюдении правил техники безопасности.

Совершенно ясно, что эффект любого эксперимента в первую очередь зависит от качества школьных физических приборов. К ним в первую очередь предъявляются следующие требования: высокие технические качества, простота устройства, достаточно большие размеры, эстетичное оформление.

Демонстрационная установка должна быть по возможности простой. Это имеет большое значение для понимания опыта и выводов из него. В установках следует применять приборы, известные учащимся, или приборы с принципом действия, доступным для их понимания. Однако, как свидетельствует история развития методики обучения физике, простота и сложность той или иной демонстрации — понятия относительные. Так, до недавнего времени считались сложными и почти не ставились в средней школе опыты, показывающие свойства электромагнитных волн, поляризацию света и законы фотоэффекта. С появлением в арсенале физических кабинетов комплектов приборов для изучения свойств электромагнитных волн, школьного электронного осциллографа, комплекта приборов для изучения поляризации света, эти опыты получили широкое распространение.

Между тем, для потребностей повседневной практики полезно хотя бы приблизительно определить понятие «простая демонстрационная установка». Очевидно, это можно сделать так: простой считается демонстрационная установка, максимально приближенная к своей принципиальной схеме, однако лишь настолько, чтобы это заметно не снижало качества ее работы. Понятно, что естествоиспытатели, творцы экспериментальных установок, создавая их, не ставят себе задачу сделать их пригодными для преподавания, они преследуют другую цель. В методике физики совершается процесс приспособления опытов, впервые поставленных в научных лабораториях, к задачам обучения. Этот процесс идет путем упрощения экспериментальных установок, устранения из них всего, что не служит выяснению сути изучаемого физического явления (недопустимы лишь упрощения, вульгаризирующие научные результаты). Успешность постановки демонстрационного опыта зависит не только от качества самих приборов, но и во многом от знаний учителя физики устройства, технических данных и умений по эксплуатации этих приборов, условий проведения самого эксперимента, интенсивности демонстрируемого физического процесса.

Демонстрационный опыт может иметь педагогическую ценность лишь в том случае, если достигнутый эффект демонстрации будет отчетливо виден всей аудитории учащихся. Здесь нельзя не согласиться с мнением тех, кто считает, что какой бы совершенной ни была во всех других отношениях демонстрация, она будет непригодной, если ученики не столько увидят явление, сколько догадаются о нем со слов преподавателя.

Хорошая видимость демонстрационного эксперимента обеспечивается:

- а) специальной конструкцией демонстрационных приборов;
- б) особым размещением элементов установки на столе (в частности, в вертикальной плоскости);
- в) выразительностью демонстрационной установки;

г) специальными средствами, повышающими видимость приборов и ожидаемого эффекта.

Практикой работы передовых учителей выработаны определенные приемы и средства, позволяющие оставлять в тени несущественные детали установки и подчеркивать главное, существенное.

Правильное расположение приборов на демонстрационном столе. На столе не должно быть приборов, ненужных для данной демонстрации; детали установки не должны закрывать друг друга; их желательно располагать в той последовательности, в какой они следуют на принципиальной схеме при чтении ее слева направо. Приборы должны размещаться так, чтобы учитель мог собрать установку и выполнить необходимые манипуляции, не выходя из-за стола и не закрывая руками (или корпусом) каких-либо ее элементов. Стойки штативов нужно повернуть к себе, электрические провода подвесить так, чтобы учащиеся могли отчетливо видеть всю электрическую цепь. Для расположения приборов в вертикальной плоскости использовать подъемные столики, штативы и бруски (последние обычно изготавливают из «глухих» фанерных ящиков, противоположные стороны которых окрашивают в белый и черный цвет, ориентировочные размеры брусков: 50x25x12,5 см; 25x25x6,25 см; эти ящики-подставки служат одновременно экранами фона).

Для усиления освещенности демонстрируемой установки следует пользоваться следующими подсветами: направленными (лампы с рефлекторами) и рассеивающими (прозрачные экраны с подсветом). Световое явление демонстрируют при затемненной аудитории.

Демонстрационный опыт должен быть убедительным, а установка для его проведения — надежной. Хорошие видимость и выразительность опыта, достигнутые всеми специальными средствами, обуславливают убедительность демонстрации, но она зависит и еще от ряда факторов. Так, равномерное прямолинейное движение часто иллюстрируют с помощью трубки, заполненной

жидкостью (водой, маслом), в которой движется металлический шарик. При обеспечении определенных условий движение шарика действительно является равномерным. Однако, чтобы учащиеся убедились в этом, следует выделить основной признак равномерности движения (одинаковость перемещения тела за любые равные промежутки времени). Таким образом, для убедительности этого эксперимента в установке необходимо предусмотреть фиксацию (заметную для всего класса): а) равных отрезков пути; б) равных промежутков времени.

Все побочные явления, сопровождающие изучаемое, должны быть сведены до минимума. Если же этого нельзя достичь, следует показать дополнительный опыт, свидетельствующий о незначительности влияния побочного явления на результаты основного эксперимента. Демонстрационная установка должна быть надежной, что исключает неудачи на уроке и позволяет в случае необходимости повторить опыт. Ничто так не подрывает профессиональный авторитет учителя, как неудавшаяся демонстрация. Поэтому при отказе установки на уроке нужно хладнокровно проверить все ее узлы, найти и ликвидировать неисправность. Если же это не удалось, надо указать причину неудачи и поставить опыт на следующем занятии.

При демонстрации явлений, происходящих в одной плоскости (например, при демонстрации вращательного или колебательного движения), нужно добиться того, чтобы плоскость, в которой происходит движение, была перпендикулярна лучу зрения учащихся, сидящих в середине класса.

Для демонстрации физических явлений, непосредственно не воспринимаемых органами чувств (электрические и магнитные поля, невидимые лучи, изменение химического состава вещества, плотности и т.д.), следует применять различные индикаторы. Так, для обнаружения электрического поля заряженного шара можно воспользоваться легкими частицами рогозы, для обнаружения магнитного поля — железными опилками и т.д.

Для улучшения видимости демонстрационной установки или отдельных приборов надо подбирать соответствующий фон, на котором рассматривается демонстрационная аппаратура. Для этой цели применяют подвижные экраны, имеющие с одной стороны черную, а с другой, белую поверхность. Чаще всего применяют белый экран, на фоне которого четко видны тела, имеющие темный цвет. Черный экран целесообразно применять в случае демонстрации самосветящихся тел или тел, окрашенных в светлые тона (например, для демонстрации накала провода при прохождении по нему тока).

При демонстрации явлений, происходящих в бесцветных средах (например, в бесцветных жидкостях), последние подвергаются окрашиванию. Хорошими средствами для этой цели служит флуоресцеин, фуксин, фенолфталеин с несколькими каплями нашатырного спирта, хвойный концентрат, отвар столовой красной свеклы. Нецелесообразно подкрашивать воду марганцовокислым калием, чернилами, красками, так как после применения этих красителей стенки сосудов быстро загрязняются. Подкрашивание необходимо делать умело и в меру. Например, демонстрируя архимедову силу при сильной концентрации красителя, тело, опущенное в воду, не будет видно. В этом варианте хорошо виден уровень воды в сосуде и факт опускания тела в жидкость, но невозможно заметить, что тело касается дна сосуда. В иных случаях целесообразно применять красители разных цветов или различной интенсивности. Для наблюдения луча света в воде ее незначительно подкрашивают либо флуоресцеином, либо молоком.

Зеркала для демонстрационных целей применяют в двух случаях: 1) когда необходимо улучшить видимость со стороны учащихся; 2) когда необходимо обеспечить видимость со стороны учителя. В первом случае зеркало больших размеров устанавливают под углом  $45^\circ$ , что позволяет учащимся видеть предметы, расположенные на демонстрационном столе в горизонтальной плоскости (например, спектр магнитного поля, созданный с помощью железных опилок). Во втором случае используют зеркало малых размеров (например, из

набора ФОС-67). Его устанавливают так, чтобы учителю были видны элементы установки, обращенные к учащимся. Например, при демонстрации осциллограмм, перед осциллографом устанавливают зеркало, которое позволяет учителю видеть картинку на экране.

Для акцентирования внимания учащихся на отдельных деталях демонстрационной установки, применяют указатели и индикаторы. В распоряжении демонстратора удобно иметь указатели направления, полярности, уровня, порядкового номера, принадлежности. Указатели направления монтируют на подставке. Стрелку наносят с двух сторон, что позволяет одновременно и ученикам, и учителю видеть одно и то же направление. Поворот стрелки на  $180^\circ$  вокруг стойки меняет направление на противоположное. Указатели полярности и порядковых номеров отличаются от рассмотренных только тем, что вместо стрелок на одной и другой стороне наносят один и тот же знак («+», «-», N, S, цифра). Указатели уровня могут быть укреплены в муфте штатива: стержни, полоски цветной ленты, резиновые кольца и др. Указатели принадлежности помогают выделить в демонстрационной установке отдельные части, объединенные каким-либо признаком. Так, в опыте по наблюдению явления самоиндукции параллельные ветви целесообразно собрать, применив провода разных цветов. Индикаторы применяют в том случае, когда демонстрируемые объекты трудно или невозможно воспринимать непосредственно. Например, для обнаружения тока в цепи можно применить лампу накаливания, для обнаружения электромагнитного поля — неоновую лампу и т.д.

Для проведения демонстрационных опытов также используют проецирование приборов на экран. Целый ряд демонстрационных приборов, выпускаемых промышленностью, имеет небольшие размеры и специально приспособлен для демонстрации в проекции. Проецирование может быть теневым или световым. Приборы демонстрируют с помощью оптической системы ФОС, устанавливая их в вертикальном (насосы, капилляры и др.) или горизонтальном



(модель броуновского движения) положении. Для подсветки и теневого проецирования применяют специальный осветитель, у которого можно регулировать расходимость светового пучка. Осветитель применяют в разных вариантах. Например, если нужно выделить какую-то деталь опыта, то с помощью осветителя подбирают угол расходимости пучка и место, с которого наиболее эффективно можно освещать эту деталь. Для наблюдения состояния поверхности воды установку собирают так, чтобы световой поток, идущий от осветителя, после отражения падал на экран. Так демонстрируют механические волны на поверхности жидкости, растекание масла по поверхности воды и другие опыты. Применяя осветитель, для теневого проецирования можно демонстрировать работу электрического звонка и др. Проецирование на экран дает возможность показать характеризующие физическое явление детали в увеличенном виде. Это особенно важно тогда, когда размеры приборов или изменения в ходе демонстрируемого явления незначительны (например, поднятие или опускание жидкости в капилляре, рост кристалла). Однако нужно иметь в виду, что наблюдение явления в натуре всегда предпочтительнее, чем его проекция; последняя применяется только тогда, когда другие средства неэффективны.

Резюмируя всё сказанное о технике демонстрации, подчеркнем, что при подготовке того или иного опыта учитель решает три основных вопроса:

1. Выбор места каждого элемента установки, демонстрирующей изучаемое явление, в горизонтальной или вертикальной плоскости;
2. Применение освещения и фона (как правило, черного, белого или матового просвечивающего);
3. Выбор наиболее подходящих индикаторов для наилучшего наблюдения данного процесса.

Наглядность демонстрационного эксперимента обеспечивается с помощью специальных средств:

- 1) Штативы, столики, скамейки, подставки обеспечивают расположение приборов, удобное для наблюдения.
- 2) Экраны (белые, черные, цветные, с подсветкой) позволяют создать фон и выделить экспериментальную установку в целом или ее отдельные части.
- 3) Указатели (в виде больших ярких стрелок) позволяют акцентировать внимание учащихся на отдельных деталях экспериментальной установки.
- 4) Индикаторы (лампа накаливания, неоновая лампа, измерительные приборы, звук и др.) делают видимыми те объекты, которые нельзя воспринимать непосредственно (электрический ток, магнитное поле и др.).
- 5) Подкрашивание жидкости обеспечивает четкое фиксирование ее уровня и объема.
- 6) Теневое проецирование позволяет увеличить экспериментальную установку или ее отдельные части (модель броуновского движения, маятник в часах, модель опыта Резерфорда, спектры электрических и магнитных полей и др.).
- 7) Зеркала обеспечивают улучшение видимости для учителя (например, при работе с осциллографом) и для учеников при проведении опытов в горизонтальной плоскости (спектры электрических и магнитных полей).
- 8) Провода разного цвета используются при сборке параллельных электрических цепей.

Рассмотренные средства наглядности демонстрационного эксперимента подбираются к опыту после определения объекта эксперимента и объекта демонстрации.

Объект эксперимента — это совокупность приборов и принадлежностей, участвующих в проведении демонстрационного опыта.

Объект демонстрации — это часть, деталь экспериментальной установки, изменения которой раскрывают сущность демонстрируемого. Именно к объекту

демонстрации должно быть привлечено внимание учащихся с помощью специальных средств. Так шкалы и стрелки всех измерительных приборов должны быть большими и контрастными. Подкрашивание воды усилит наглядность опыта «Гидростатический парадокс», но снизит наглядность опыта «Архимедова сила». В опытах с универсальным штативом фон подбирается к предмету, закрепленному в его лапке. На белом фоне штатив будет четко виден, что отвлечет внимание учащихся от объекта демонстрации.

Качественная подготовка эксперимента к занятиям требует значительного времени. Однако заметим, что много времени для налаживания требует лишь эксперимент, который ставится впервые; повторение его в будущем требует уже значительно меньшей затраты времени. Чтобы закрепить приобретенный опыт показа демонстрации и не забыть ее «тонкостей», от которых зависит успех эксперимента, лучше всего вести электронную картотеку демонстраций или базу данных, где следует обязательно фиксировать «секреты» и индивидуальные особенности приборов своего физического кабинета. В этих целях на каждый демонстрационный эксперимент заводят электронную карточку, в которой указывают следующие данные: класс, изучаемая тема, тема урока, название демонстрации, схема (эскиз) установки. Так же записывают перечень приборов, их особенности, оптимальный режим работы, отдельные замечания.

#### **§ 4. Методика проведения демонстрационных опытов**

Педагогический эффект любого демонстрационного эксперимента, т.е. наиболее полного восприятия и осмысления его учащимися можно достичь только при определенной методике показа опыта.

Методика демонстрационного эксперимента — это совокупность методов, приемов и средств, обеспечивающих эффективное включение демонстрационного опыта в процесс обучения. Методика демонстрационного эксперимента

предполагает определение места опыта на уроке, его дидактических возможностей и последовательности проведения совместно с объяснением учителя, нахождения оптимального сочетания демонстрационного опыта с другими средствами наглядности, подбор вопросов к учащимся при обсуждении результатов опыта и др.

Методические требования к демонстрационным опытам.

Основные методические требования к демонстрационным опытам обуславливают правила их проведения, которых учитель должен всегда придерживаться. Одно из первых методических требований — органическая связь демонстрационного опыта с изложением учебного материала на уроке. Именно поэтому подавляющее число демонстрационных экспериментов носит качественный характер. Несмотря на кратковременность, демонстрационные опыты должны быть убедительными и ясными. Эти важные качества демонстрационных опытов во многом определяются техникой их постановки.

Органически сливаясь с содержанием урока, демонстрационные опыты должны захватывать внимание учащихся на время, необходимое и достаточное для решения локальной учебной задачи, это время не должно быть большим, чтобы внимание учащихся не рассеялось. Иначе говоря, психологическая основа эффективности демонстрационного эксперимента состоит во взаимосвязи первой и второй сигнальных систем, что внешне выражается в соединении наглядности со словом учителя. При демонстрации опытов решающая роль принадлежит учителю, поскольку он выступает активным посредником между учащимися и демонстрируемыми явлениями; от его методического мастерства и технической грамотности зависит успех демонстрации. Кроме того, представления школьников, возникающие при наблюдении опытов, должны быть доведены до обобщений, а это может сделать только учитель.

Подавляющее число изучаемых физических явлений, понятий, закономерностей не может быть хорошо усвоено учащимися без тщательно

разработанной системы опытов, отвечающих требованиям методики и техники демонстрирования. Важно, чтобы здесь соблюдалась мера в отношении числа демонстраций, и чтобы отобранные опыты в совокупности составляли логически связанную систему, в которой каждый последующий опыт развивает предыдущий и опирается на него, причем учащиеся должны видеть и понимать взаимосвязь опытов. Это достигается тем, что демонстрационная установка для каждого следующего опыта в основном оставалась прежней, а новый эффект достигается путем небольшого ее изменения или дополнения.

Особое значение имеет подготовка учащихся к восприятию опыта. Всякий опыт вызывает произвольное внимание учащихся, однако, оно неустойчиво, и с помощью слова его нужно перевести в произвольное внимание, т. е. вызвать интерес к опыту путем выяснения его цели. Мы уже подчеркивали, что результат каждого эксперимента — это ответ природы на поставленный ей вопрос. Поэтому необходимо довести до сведения учеников этот вопрос, чтобы они ожидали ответа и поняли его. Демонстрация опыта без указания его цели не эффективна. Обычно перед экспериментом учитель выясняет его назначение и указывает пути достижения цели, как правило, сопровождая объяснение рисунком на доске. После того как учащиеся поймут идею опыта и схему демонстрационной установки, он приступает к ее составлению. Если демонстрационный опыт сложный (требует нескольких действий или последовательного получения нескольких результатов), то для повышения его эффективности лучше разделить его на отдельные этапы, определяя цель каждого из них.

Темп демонстрации должен соответствовать темпу устного изложения и скорости восприятия учащимися. Во многих пособиях до последнего времени это качество демонстрации не совсем точно называли кратковременностью, имея в виду ее оптимальный режим. Если явление протекает быстрее, чем его успевают воспринять школьники, опыт следует повторить (например, наблюдение искрового разряда), если возможно, в замедленном темпе. Вместе с тем нужно

помнить, что неоправданно растянутая демонстрация понижает интерес учащихся к ней и приводит к потере учебного времени. Таким образом, когда говорят о кратковременности опыта, то имеют в виду не уменьшение времени наблюдения явления (хотя и оно должно расходоваться экономно), а сокращение до минимума времени на подготовку опыта на уроке. Из этого следует необходимость заблаговременной подготовки всего оборудования для эксперимента. Так, если предполагается кипятить на уроке воду, то ее перед этим подогревают до кипения; все расстояния, объемы тел, показания приборов и т. д. определяют заранее. При подготовке демонстрации необходимо установить, сколько времени занимает опыт, чтобы правильно спланировать элементы урока.

Важным методическим вопросом является место демонстрационного опыта на уроке, которое определяется выбранной учителем методикой изложения нового учебного материала, логикой развития его содержания. При эвристическом методе ведения урока в большинстве случаев беседа преподавателя должна подвести учащихся к постановке вопроса, ответ на который дает намеченный опыт. Но в некоторых случаях показ опыта может предшествовать беседе с целью постановки перед учащимися проблемы, которая разрешается в ходе урока. Этот методический прием, активизирующий мыслительную деятельность учащихся, в последнее время получает все более широкое распространение.

Во многих случаях, когда раскрывается сущность различных физических закономерностей, демонстрационный эксперимент ставят после теоретического его разъяснения. В этом случае он выступает как качественная иллюстрация изложенной закономерности. Наконец, в некоторых случаях педагогически целесообразно показывать на уроке один и тот же демонстрационный опыт дважды: один раз в начале урока, в целях создания проблемной ситуации, а затем второй раз — после объяснения учителем данного явления.

В целях активизации познавательной активности учащихся на уроках при постановке демонстрационного эксперимента целесообразно:

- 1) Четко сформулировать цель эксперимента (она должна быть понята учащимися);
- 2) Объяснить принципиальную или блочную схему установки с помощью рисунка, выполненного на классной доске, а в случае более сложных установок, на слайде презентации;
- 3) От принципиальной схемы перейти к разъяснению собранной установки на демонстрационном столе, т.е. раскрыть методику наблюдения явления или методику измерения какой-либо физической величины;
- 4) Сообщить, на чем из собранной установки следует фиксировать внимание для обнаружения эффекта демонстрации.

Лишь после этой подготовительной работы проводят демонстрационный опыт. Естественно, что сразу после выполнения эксперимента учитель выясняет, что видели учащиеся, и в первую очередь сидящих за задними партами физического кабинета. Искусство учителя состоит в том, чтобы постановкой заранее подготовленных вопросов подвести учащихся к правильному объяснению результата опыта. Наконец, в заключение учитель этот же вывод формулирует в более строгой форме, принятой в учебной литературе.

Не сообщать эффект демонстрационного опыта до его осуществления. Невыполнение этого требования приведет к тому, что внимание учащихся будет искусственно снижено. Опытные учителя в целях развития интуитивного мышления учащихся и усиления интереса их к физике ставят перед учащимися вопрос о результате опыта до его демонстрации. Представляя возможность высказать предположения нескольким учащимся, учитель не корректирует их, а предлагает внимательно наблюдать за проведением опыта.



Отобрать рациональное число опытов одному и тому же явлению, свойству или закономерности, руководствуясь тем, чтобы они в системе позволили сформулировать после их осмотра общий вывод. Например, явление электромагнитной индукции невозможно понять с помощью единичного демонстрационного опыта. В таких случаях необходимо показать учащимся несколько экспериментов (с различными телами или на различных установках), демонстрирующих одно и то же явление или свойство. Однако, в каждом конкретном случае требуется различное количество опытов, потому что чрезмерно большое их количество рассеивает внимание учащихся и требует много времени.

Подключить большое количество видов памяти учащихся. С этой целью учащиеся должны не только внимательно наблюдать за проведением демонстрационных опытов на уроке, но и фиксировали в своих тетрадях их содержание в виде опорного конспекта. Правильное выполнение этого требования состоит в том, чтобы записи в тетрадях учащиеся делали не во время выполнения самого эксперимента, а после его осмысления. Этому умению следует специально учить учащихся сначала на образцах, после чего учить их делать это самостоятельно.

При постановке демонстрационных опытов, связанных с раскрытием сущности нового свойства, явления или закономерности, можно придерживаться следующей методики их проведения:

- 1) Обоснование необходимости экспериментального способа изучения (подтверждение истинности) конкретного знания, постановка перед учащимися целевого назначения демонстрационного опыта, проектирование его модели;
- 2) Разъяснение экспериментальной установки на схематическом рисунке или совместное с учащимися ее конструирование;

- 3) Разъяснение собранной установки на приборах. Раскрытие методики наблюдения или измерения, и выделение объекта опыта;
- 4) Проведение опыта учителем и проверка его эффективности с помощью системы вопросов учащимся для объяснения эффекта демонстрации;
- 5) Заключение учителя по проведенному эксперименту;
- 6) Оформление учащимися опорного конспекта по содержанию опыта.

Совершенно ясно, что при постановке ряда тождественных опытов можно в предлагаемой последовательности пропустить отдельные моменты для ускорения проведения эксперимента.

### **§ 5. Подбор демонстрационных опытов**

Необходимость подбирать демонстрационные опыты возникает при подготовке учителя почти к каждому уроку. Важно, чтобы опыты по тому или иному элементу знаний раскрывали его содержание, а по теме в целом составляли логически связанную систему, в которой каждый следующий развивает предыдущий и опирается на него.

Между тем, рациональный выбор демонстраций осложнен многочисленностью вариантов опытов, разработанных в методике физике. Чем же руководствоваться учителю при отборе опытов к уроку?

Рассматривая содержание программы по физике, всегда можно наметить такие возможности из разных тем курса, которые, безусловно, должны иллюстрироваться опытами. Это будут, прежде всего, самые простые начальные опыты, как, например: 1) воздух имеет вес; 2) газы обладают упругостью; 3) тела от нагревания расширяются.

Для учащихся, приступающих к изучению физики, начальные опыты служат отправными пунктами и, в то же время, непреложными истинами, «началом всех начал». Именно эксперимент, а не логически обоснованные и

математически оформленные рассуждения, часто являются для них неоправданным доказательством положений. Недаром М.В. Ломоносов сказал: «Один опыт я ставлю выше, чем тысячи мнений, рожденных только воображением».

Важно подчеркнуть, что необходимость в таких начальных опытах остается при изучении нового раздела курса на всех ступенях обучения. По мере развития учащихся усложняются и начальные опыты для них, сохраняя всякий раз элементы новизны и увлекательности – необходимые качества этих опытов при всех условиях.

После некоторого накопления представлений и понятий, переходят к развитию этих понятий и установлению той или иной зависимости между ними. Другая стадия обучения предъявляет и другие требования к учебному эксперименту. Вполне естественно намечается и другая группа демонстраций, помогающих конкретно представить размеры некоторых физических величин и установить количественную и качественную зависимость между физическими величинами, т.е. положить начало изучению физических законов.

Третья группа опытов вытекает из необходимости в процессе обучения показывать практическое применение законов физики. Эти опыты иллюстрируют наиболее существенные детали устройства и действия приборов, приспособлений и механизмов.

Когда учащиеся, разбирая тот или иной новый раздел курса, пройдут нормальный процесс обучения — от представлений и понятий к установлению связи и зависимости между понятиями и затем к практическим применениям физических законов, то в конце появляется необходимость закрепить и углубить полученные ранее знания. Возникает четвертая группа опытов для углубления знаний, для тренировки. Здесь демонстрируются более сложные явления, иногда они становятся для учащихся несколько неожиданными и противоречат привычным для них представлениям.

К этой группе опытов относятся, например: обрывание, по желанию верхней или нижней нити у тяжелого подвешенного на нити груза; движение двойного конуса «вверх» по наклонным рельсам; кипение воды при понижении давления в колбе, охлажденной снегом и т.д.

Из предлагаемых вариантов демонстрационных опытов выбор конкретного наиболее рационально можно осуществить после сравнительного анализа их качества с помощью следующих критериев:

- 1) Содержательность — подбор приборов и создание условий, в полной мере раскрывающих сущность демонстрации.
- 2) Достоверность — обеспечение однозначности и истинности толкования результатов опыта.
- 3) Убедительность — постановка демонстрационного опыта, при которой его результаты не вызывают сомнений у учеников.
- 4) Наглядность — подбор средств, наиболее ярко раскрывающих сущность демонстрации.
- 5) Кратковременность — сведение до минимума времени выполнения демонстрационного опыта.
- 6) Воспроизведение — многократное повторение демонстрационного эксперимента.
- 7) Надежность — обеспечение успеха во время демонстрации опыта за счет тщательной предварительной подготовки.
- 8) Эстетичность — красивое оформление экспериментальной установки и рациональное выполнение опыта.
- 9) Эмоциональность — позитивное воздействие демонстрационного опыта на психику учащихся, формирование у них интереса к предмету.
- 10) Соблюдение техники безопасности.

## **§ 6. Выбор оптимального сочетания демонстрационного опыта с другими видами наглядности**

Постановка демонстрационных опытов часто сопровождается записями учителя на классной доске, использованием таблиц, плакатов, графиков. Это позволяет улучшить наглядность эксперимента и сконцентрировать внимание учащихся на физической сущности опыта.

Дополнительные средства наглядности могут использоваться учителем перед экспериментом, в ходе его или после окончания.

Параллельно с экспериментом рисунок выполняется в тех случаях, когда он помогает ученикам понять ход и содержание физического опыта. Учитель ставит перед учащимися цель, проводит эксперимент по этапам и одновременно фиксирует динамику и результаты опыта на доске. В этом случае опыт и рисунок дополняют друг друга.

Перед экспериментом рисунок выполняется на классной доске в том случае, если опыт происходит быстро или необходимо акцентировать внимание учеников на объекте демонстрации. Например, если учащимся предложить наблюдать опыт с прибором для демонстрации невесомости без предварительных рисунков на доске, то они не поймут сущности демонстрируемого явления. Учащиеся должны знать, что свечение шара свидетельствует о состоянии невесомости. С этой же целью все электрические цепи собираются по предварительно зарисованным схемам.

Для пояснения физической сущности опыта можно пользоваться серией рисунков, отображающих динамику процесса и позволяющих фиксировать внимание учащихся на самом главном на каждом этапе демонстрации.

Применение презентаций, таблиц, графиков позволяет дополнить эксперимент новой информацией, обратить внимание учащихся на

конструктивные особенности установки, более доступно объяснить физическую сущность опыта, показать примеры применения явления в технике и быту.

При изучении фундаментальных опытов и проведении модельного эксперимента, дополнительные средства наглядности позволяют ознакомить учащихся с историей открытия, принципом действия и конструктивными особенностями экспериментальной установки. Например, при изучении закона Кулона можно сначала ознакомить учащихся с опытом Кулона по слайду, а затем провести эксперимент и получить количественную зависимость с помощью демонстрационного оборудования. Аналогично поступают при изучении опыта Штерна, фотоэффекта и др. Иногда вместо слайда может быть использован видефрагмент (например, видефрагмент "Опытное определение постоянной всемирного тяготения").

При выборе оптимального сочетания демонстрационного опыта с другими видами наглядности можно руководствоваться следующими правилами:

- 1) Выявить технические, дидактические, методические особенности демонстрационного опыта (быстрота протекания, сложное устройство установки или её небольшие размеры, плохая видимость и др.), на основании чего определить цель использования дополнительных средств наглядности.
- 2) Выделить самое существенное в демонстрационном опыте, что должно быть зарисовано на доске или пояснено с помощью других средств наглядности.
- 3) Зарисовать опыт с учётом требований к педагогическому рисунку. Продумать возможности отражения опыта в динамике.
- 4) Определить последовательность использования средств наглядности при демонстрации опытов.
- 5) Продумать объяснение физической сущности демонстрационного опыта с помощью дополнительных средств наглядности.

## **§ 7. Умения и навыки, которыми должен владеть учитель для демонстрации опытов**

Демонстрация физических опытов позволяет учителю руководить познавательной деятельностью учащихся в процессе наблюдения и изучения физических явлений. С помощью физического эксперимента решают разные задачи. Это может быть наблюдение физического явления, качественное или количественное изучение метода исследования, введение в теорию, подтверждение выводов теории, применение физических законов на практике.

Знание прибора предполагает:

- 1) Знание названия прибора и его основного назначения, принципа действия прибора и его основных узлов;
- 2) Умение по внешнему виду выделить данный прибор среди других;
- 3) Знание технических возможностей прибора, его эксплуатационных характеристик, допустимых режимов;
- 4) Умение применять прибор по назначению и в сочетании с другими приборами, знание условий, позволяющих получить нужный эффект;
- 5) Умение выполнять простейший ремонт, производить замену отдельных деталей, наладивать прибор при отклонениях от нормы.
- 6) Умение собирать установки отражает степень владения техникой демонстрационного эксперимента. Здесь существенным является выполнение требований, предъявляемых к демонстрационным опытам, и рациональное использование средств, обеспечивающих эффективность постановки опыта. Практикой выработаны определенные правила сборки установок, которыми целесообразно руководствоваться. Они сводятся к следующему:



7) Мысленное конструирование установки, возможно вычерчивание структурной схемы, блочного чертежа расположения приборов, вспомогательного рисунка;

8) Отбор конкретных приборов для данного опыта;

9) Сборка установки: расположение на демонстрационном столе приборов в определенном логическом порядке, объединение элементов установки (как правило, установку собирают в наклонной или вертикальной плоскости; приборы, отражающие существенное в опыте, должны быть на переднем плане);

10) Проверка выполнимости требований, предъявляемых к опытам, с учетом возможностей разных средств (при этом необходимо убедиться, что установка хорошо просматривается с каждого места класса);

11) Отработка последовательности операций, которые необходимо выполнять при демонстрации опыта (отрабатывая операции, следует продумать текст, которым будет сопровождаться эксперимент).

12) Умение демонстрировать опыты, т.е. владение методикой и техникой демонстрационного эксперимента, охватывает разные стороны учебного процесса, включая деятельность учителя и организацию познавательного интереса учащихся.

При этом эксперимент может выступать в двух аспектах: при дедуктивном изложении материала он выступает в качестве критерия истины, подтверждает выводы теории, при индуктивном подходе является основным источником знаний. И в том, и в другом случае есть нечто общее: на демонстрационном столе не должно быть ничего лишнего, т.е. не должно быть никаких приборов, принадлежностей и пр., не относящихся к данному опыту; если демонстрация сопровождается чертежом, рисунком или схемой (что чаще всего и бывает), то нужно своевременно соотнести элементы чертежа с приборами и деталями установки, причем элементы чертежа нужно расположить так, как предполагается расположить детали установки. При демонстрации опыта учитель

должен находиться за демонстрационным столом (за приборами); демонстрировать опыты нужно так, чтобы не загромождать руками детали установки; при необходимости нужно поднимать или поворачивать демонстрируемые приборы; темп изложения при демонстрации может быть разным, сравнительно быстрым при объяснении установки и более медленным при изложении сущности явления; паузы делают тогда, когда акцентируют внимание на той или иной детали установки, на том или ином компоненте раскрываемого процесса; по результатам опыта (возможно, части опыта) делают четкий и обоснованный вывод; число опытов диктуется необходимостью как можно полнее раскрыть сущность изучаемого; как правило, бывает достаточно двух-трех опытов.

При индуктивном изложении материала можно выделить следующие этапы:

- 1) Постановка задачи (проблемы), требующей экспериментального решения;
- 2) Выяснение элементов знаний, которые предполагается получить экспериментально (но не сообщать самих знаний);
- 3) Составление блок-схемы установки (выполнение чертежа, рисунка);
- 4) Сборка установки на глазах учащихся. При этом проводится соотнесение чертежа с элементами установки. Иногда часть установки (отдельные блоки) собирают заблаговременно, и только в редких случаях установка может быть собрана заранее. Однако в любом варианте приборы и принадлежности выставляют на демонстрационный стол только на время демонстрации опыта;
- 5) Объяснение установки. Выяснение назначения отдельных приборов и блоков, функциональных зависимостей между элементами установки;
- 6) Демонстрация явления или процесса, сопровождающаяся объяснением того, что и как наблюдать, на чём акцентировать внимание, как выделить интересующие нас объекты, процессы, новые знания; варьируя опыт,

учитель не говорит о наблюдаемых результатах, а организует работу так, чтобы в процессе беседы, учащиеся сами заметили то, что необходимо, и сделали соответствующие выводы;

- 7) Словесное, графическое или табличное фиксирование полученных экспериментальных данных;
- 8) Организация работы с учащимися по вычленению новых знаний, полученных в результате постановки опыта, через сравнения, абстрагирование, обобщение.

При дедуктивном изложении материала меняется роль только 1, 2 и 8 выделенных ниже этапов. Их смысл сводится к следующему:

Первый этап — выяснение следствий из теорий, которые можно проверить экспериментально;

Второй этап — выяснение элементов знаний, которые предполагается подтвердить экспериментально;

Восьмой этап — организация работы с учащимися по актуализации знаний, которые подтверждают выводы теории и получены в результате выполнения опыта.

При демонстрации опытов возможны записи в тетрадях учащихся (название опыта, схема установки, таблицы, график, заключение). В каждом конкретном случае учитель указывает, что необходимо записать на той или иной стадии эксперимента.

Умение организовать решение экспериментальных задач предполагает умение подобрать оборудование для задачи, знания приемов и организационных форм решения и соблюдения этапов решения. Задачу называют экспериментальной, данные для решения которой получают опытным путем (т. е. без эксперимента на вопрос экспериментальной задачи ответить невозможно). Для решения экспериментальной задачи можно применять как демонстрационное, так и лабораторное оборудование; её могут решать, как учитель, так и учащиеся

(фронтально или индивидуально). При решении задач с использованием демонстрационного оборудования следует соблюдать требования, предъявляемые к демонстрационным опытам.

Решение экспериментальной задачи состоит из четырех этапов:

- 1) Осмысление условия задачи;
- 2) Составление плана решения;
- 3) Осуществление плана;
- 4) Исследование ответа.

Первый этап предусматривает знакомство с условием задачи, которое содержит утверждения и требования, а также перечень (полный или частичный) приборов и материалов, необходимых для эксперимента, оценку физической ситуации по условию задачи. На втором этапе разрабатывается теоретический путь поиска, намечается порядок проведения опыта; в случае необходимости добавляют приборы или материалы. Третий этап направлен на выполнение опыта, в результате которого получают недостающие экспериментальные данные. Эти данные применяют для получения ответа. На последнем этапе проверяют правдоподобность ответа, анализируют результаты эксперимента, ведут поиск других способов решения задач.

В процессе выполнения лабораторных работ по методике и теории школьного физического эксперимента (МиТШФЭ) каждый учащийся должен овладеть следующими знаниями, умениями и навыками:

- 1) Уметь собирать любую установку по схемам и описаниям;
- 2) Знать назначение и правила эксплуатации основного оборудования по физике для средних школ;
- 3) Овладеть методикой и техникой демонстрации школьных физических опытов;
- 4) Уметь объяснять демонстрируемые явления на уровне учителя средней школы;

- 5) Привить навыки в соблюдении техники безопасности при выполнении опытов.

## **§8. Техника безопасности при проведении демонстрационных опытов**

При постановке всех физических опытов необходимо соблюдать правила техники безопасности.

Работа с электрическим током. Поражение людей электрическим током может произойти как при высоком, так и при низком напряжении. Известны смертельные случаи поражения током низкого напряжения. Объясняется это пренебрежением к технике безопасности, а также ошибочным мнением, что опасно для жизни только высокое напряжение.

Следует иметь в виду, что воздействие электричества на человека определяется не величиной напряжения, а величиной силы тока, проходящего через тело человека. Безопасная величина переменного тока составляет 10 мА, постоянного тока – 50 мА.

В свою очередь величина тока, проходящего через тело человека, определяется величиной напряжения, под которым он находится, и сопротивлением человеческого тела. Сопротивление человеческого тела зависит от многих факторов и колеблется в пределах от 1000 до 100 000 Ом.

Нельзя пользоваться неисправными вилками и оголенными проводниками для подключения электрических приборов к сети. Все собранные электрические схемы должны содержать элемент управления током.

Недопустимо применение «жучков» вместо неисправных предохранителей.

Нельзя делать различные переключения в собранных схемах под напряжением.

Собранные электрические схемы включать в сеть или к электрораспределительным щитам только после проверки лаборантом или преподавателем.

Категорически запрещается проверять наличие напряжения по его действию на организм (касаться частей цепи под током, кондукторов и других частей электрофорной машины, выводов высоковольтного индуктора и т. п.).

Все открытые токопроводящие части должны быть снабжены соответствующими кожухами (рубильники, реостаты, плавкие предохранители). Рубильник, включающий ток во всем физическом кабинете, следует располагать в препараторской комнате.

Распространено мнение, что для безопасности эксплуатации электромеханического оборудования, мощных выпрямителей и трансформаторов необходимо заземление кожухов или станка. Это не всегда соответствует действительности. В школьном физическом кабинете с сухим деревянным полом не следует устанавливать защитное заземление. Опасность в этом случае связана с тем, что не исключена возможность одновременного касания заземленного корпуса машины и токоведущих частей. В лаборатории же с сырым полом защитное заземление необходимо.

При постановке физических опытов учитель должен проявлять заботу о сохранности физической аппаратуры, используемой в опытах, бережно относиться к физическим приборам. Все приборы должны содержаться в безукоризненной чистоте.

Мы указали наиболее общие положения, связанные с методикой проведения и техникой постановки демонстрационных опытов.

## **§9. Методика изучения электродинамики в школьном курсе физики**

### **9.1 Раздел «Электродинамика» в школьном курсе физики.**

#### **Значение и структура раздела**

Раздел «Электродинамика» — один из наиболее сложных разделов школьного курса, где изучают электрические, магнитные явления, электромагнитные колебания и волны, вопросы волновой оптики и элементы специальной теории относительности.

Решение общеобразовательных задач в основном сводится к тому, что в данном разделе должно быть введено основное для современной физики понятие электромагнитного поля, а также физические понятия: электрический заряд, электромагнитные колебания, электромагнитная волна и ее скорость. Здесь же должны быть даны представления о свойствах электромагнитных волн, их распространении, о принципах радиосвязи, телевидения.

Учащихся на доступном им уровне знакомят с фундаментальной физической теорией — теорией макроскопической электродинамики, основным творцом которой был Дж. К. Максвелл.

При изучении раздела «Электродинамика» происходит расширение и углубление в сознании школьников понятия материи. До этого они изучали лишь один вид материи — вещество. Теперь встречаются со вторым (особым) видом материи — электромагнитным полем, познают его отличие от вещества. При рассмотрении основ специальной теории относительности учащихся знакомят с физическими представлениями о пространстве и времени.

Если рассматривать логическую структуру раздела «Электродинамика», то в ней надо выделить: формирование понятия электромагнитного поля и электрического заряда; изучение взаимодействия поля и вещества, электрических и магнитных свойств вещества; изучение законов тока и электрических цепей;

знакомство с элементами СТО; показ основных технических применений электродинамики.

## 9.2 Особенности электродинамики как раздела физической науки

Классическая механика исходила из принципа дальнего действия и представления о мгновенной передаче этого действия. В случае же электромагнитного взаимодействия, как показало развитие науки, необходимо исходить из принципа ближнего действия, при этом учитывать конечную скорость передачи действия. Если бы справедлив был принцип дальнего действия, то в электромагнетизме основным понятием был бы электрический заряд  $q$ , а поле являлось всего лишь вспомогательным понятием. В действительности без понятия электромагнитного поля (совместно с понятием электрического заряда  $q$ ) нет электродинамики. В решении этих важнейших для электродинамики вопросов существенную роль сыграли работы М. Фарадея, а определяющую — работы Дж. К. Максвелла.

В электродинамике рассматривают различные силы:

1) Силы, характеризующие взаимодействие покоящихся зарядов для вакуума. Они носят центральный характер, зависят от расстояния между взаимодействующими зарядами и не зависят от скорости.

2) Сила взаимодействия тока и магнитной стрелки (опыт Эрстеда) действует по линии, соединяющей их, зависит не только от расстояния между взаимодействующими объектами, но и от силы тока, которая, в свою очередь, зависит от скорости движения заряженных частиц и заряда.

3) Силы, возникающие между двумя параллельными проводниками с током, не являются центральными. Они пропорциональны силе тока в проводниках (а значит, и заряду) и скорости его движения и обратно пропорциональны расстоянию между ними.



4) Сила, действующая на движущийся заряд со стороны магнитного поля. Она зависит от скорости движения заряда, но не является центральной.

Во всех случаях говорится о скорости частиц относительно какой-то системы отсчета, именно это и учитывают в электродинамике. В электродинамике рассматривают силы, которые не только зависят от расстояний, но и от скорости движения зарядов в выбранной системе отсчета. Подобные силы в механике Ньютона не рассматривали.

Эти особенности в основном сводятся к тому, что электромагнитные взаимодействия специфичны, для их объяснения надо исходить из принципа близкодействия и учитывать конечную скорость передачи действия.

### **9.3 Особенности электродинамики как раздела школьного курса физики**

Ведущая роль в преподавании физики отводится физическому эксперименту. Не исключение и раздел «Электродинамика». В первую очередь это следующие опыты:

- 1) Кулона по установлению зависимости силы взаимодействия двух электрических зарядов от модуля этих зарядов и расстояния между ними;
- 2) Эрстеда по обнаружению действия электрического тока на магнитную стрелку;
- 3) Ампера по взаимодействию параллельных токов;
- 4) Ома, вскрывающий характер зависимости между силой тока и напряжением;
- 5) Фарадея по электромагнитной индукции;
- 6) Герца по получению, обнаружению и выяснению свойств электромагнитных волн;
- 7) Рикке по выяснению носителей тока в металлах;

8) Толмена и Стюарта, Манделъштама и Папалекси, доказывающие электронную проводимость металлов;

9) Милликена и Иоффе, подтвердившие атомистическое строение электричества и позволившие измерить элементарный: электрический заряд;

10) Майкельсона и Морли, не обнаружившие преимущественной системы отсчета;

11) Ремера, Физо и других ученых по измерению скорости света;

12) Юнга, обнаружившие волновые свойства света, и т. д.

При изучении основ электродинамики применяют следующие модели: свободный электрон, модель электронного газа, модель проводника и диэлектрика (на основе представлений о свободных электронах), зонная модель проводника, диэлектрика, полупроводника. Наиболее простыми для восприятия являются материальные модели. Но при изучении электродинамики в основном применяют не материальные, а мысленные модели, для восприятия которых необходим определенный уровень развития абстрактного мышления.

При изучении электромагнитных явлений широко применяют и аналогии: между гравитационным и электростатическим полями; между электрическим током и потоком жидкости; явлением самоиндукции и инерции; явлением термоэлектронной эмиссии и испарением жидкости и др. В ряде случаев для повышения наглядности обучения можно использовать материальные модели-анalogии. В электродинамике это, главным образом, функциональные модели-анalogии:

а) Механическая модель для разъяснения процессов, происходящих в электрической цепи. В этой модели скатывание шарика вниз под действием силы тяжести аналогично перемещению электрических зарядов во внешней цепи под действием сил электрического поля. Работа, совершаемая для подъема шарика по наклонной плоскости, аналогична работе сторонних сил в источнике тока.

б) Для объяснения опытов Стюарта и Толмена, Мандельштама и Папалекси, которыми было доказано, что электрический ток в металлах представляет собой движение электронов, применяют механическую модель инерциального движения электронов.

При изучении электромагнитных волн используют модели радиоприемника, линии радиотелеграфной и радиотелефонной связи, модель распространения электромагнитных волн и передачи информации на расстояние. Следует отметить, что аналогии лишь частично отражают сходство данного явления или понятия с изученным материалом, а модели вносят те или иные упрощения в поведение материальных объектов.

В тех случаях, когда реальный эксперимент провести невозможно, используют мысленный эксперимент.

Еще одна особенность раздела «Электродинамика» — насыщенность его мировоззренческим и политехническим материалом. Необходимо так организовать работу учащихся, чтобы они глубоко и прочно усвоили этот материал. Целесообразно осветить роль в развитии физики и техники таких ученых, как А. Ампер, М. Фарадей, Дж. К. Максвелл, Ш. Кулон, М.В. Ломоносов, Э. Ленц, А.Г. Столетов, Я.И. Френкель, Л.Д. Ландау, П.Н. Лебедев, А.С. Попов, Г. Герц, А. Эйнштейн, Т. Юнг, А.Ф. Иоффе, Н.Д. Папалекси, Л.И. Мандельштам и др.

Мы просмотрели примерную программу 10, 11 классов, методические пособия к учебникам Н.С. Пурушева, А.С. Перышкина и выявили следующие демонстрационные опыты, которые используются на уроках физики при изучении данного раздела.

Для 10 класса эти демонстрации представлены в таблице 1.

Таблица 1

Демонстрационный эксперимент по электродинамике в курсе физики  
десятого класса

Описание опыта	Формируемое понятие /описываемое явление
Отталкивание отрицательно заряженной эбонитовой палочки от положительно заряженной стеклянной палочки	Электрические силы, разноименный заряд
Демонстрация с использованием электроскопа и электрометра, измерение заряда	Электрический заряд
Электризация стеклянной палочки и кусочка шелка	Электризация тел
Демонстрация закона сохранения электрического заряда при помощи стеклянной палочки и кусочка шелка, помещенных в электроскоп и заряженных друг об друга	Закон сохранения электрического заряда
Демонстрация картины электростатического поля при помощи электрода, соединенного с полюсом электрофорной машины, помещенным в кювету, заполненную жидким диэлектриком, в которой находятся мелкие частицы	Линии напряженности электростатического поля
Демонстрация явления электростатической индукции (электризации через влияние) при помощи двух плотно соприкасающихся цилиндров, закрепленных на электрометрах и помещенных в электростатическое поле	Явление электростатической индукции

положительно заряженного шара	
<p>Демонстрация явления электростатической защиты внутри замкнутого проводника при помощи кюветы с жидким диэлектриком и кольца, заряженного от электрофорной машины (Насыпав мелких частиц в жидкий диэлектрик, мы увидим, что частицы перераспределились вне кольца и остались неподвижны внутри кольца)</p>	Явление электростатической защиты
<p>Демонстрация распределения зарядов в проводнике при помощи маленького шарика на изолирующей ручке и полого заряженного шара (Если водить шариком по поверхности шара, а затем касаться электрометра, то стрелка будет отклоняться на одно и то же расстояние. Если же коснуться шариком поверхности внутри шара, а затем электрометра, то стрелка отклоняться не будет. Подобную демонстрацию можно проделать с заряженным телом неправильной формы, чтобы выяснить, где скапливается наибольший заряд)</p>	Распределение заряда на поверхности проводника
<p>Демонстрация поляризации диэлектрика при помощи деревянной линейки, помещенной на лампе, закрепленной в цоколе и заряженной палочки (При поднесении заряженной палочки к одному из концов линейки, линейка начнет поворачиваться. Так как свободных зарядов внутри диэлектрика нету, то это свидетельствует о перераспределении зарядов внутри атомов и молекул самого диэлектрика)</p>	Явление поляризации диэлектрика

<p>Демонстрация зависимости потенциала проводника от сообщенного ему заряда. Используется электромметр с полым шаром, которому сообщаются все больший заряд, в то время как стрелка электромметра отклоняется на больший угол Далее в опыте используется электромметр с шаром и электромметр без шара, которым сообщается одинаковый заряд, при этом стрелка отклоняется на разный угол.</p>	<p>Электростатическая емкость проводника</p>
<p>Демонстрация зависимости емкости конденсатора от расстояния между обкладками при помощи двух заряженных пластин, соединенных с электромметром</p>	<p>Конденсатор, емкость конденсатора</p>

В 11 классе к изучению раздела “Электродинамика” рекомендованы следующие демонстрации, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Демонстрационный эксперимент по электродинамике в курсе физики  
одиннадцатого класса

<p><b>Описание опыта</b></p>	<p><b>Формируемое понятие/описываемое явление</b></p>
<p>Демонстрация кратковременного тока при помощи заряженного электромметра, соединенного металлическим стержнем с незаряженным электромметром. (В данной демонстрации мы наблюдаем уравнивание зарядов между первым и вторым электромметром, вследствие движения электронов)</p>	<p>Условия существования электрического тока, электрический ток</p>

<p>Демонстрация действия сторонних сил при помощи источника тока и двух электрометров с полыми металлическими шарами, насаженными на них. (Соединив шары проводником между собой, а также каждый шар с источником тока мы получим замкнутую электрическую цепь, внутри которой происходит движение зарядов, о чем свидетельствуют отклоненные на постоянный угол стрелки электрометров)</p>	<p>Источник тока, потенциал, сторонние силы</p>
<p>Демонстрация проводимости различных сред при помощи двух электродов, помещенных в дистиллированную воду и подключенных к источнику тока с гальванометром. (При замыкании цепи тока в ней не будет, стрелка гальванометра останется неподвижной) Во второй части демонстрации в дистиллированную воду добавляется концентрированный раствор медного купороса, затем наблюдается отклонение стрелки гальванометра, что свидетельствует о наличии тока в проводнике</p>	<p>Проводимость различных сред, электролит, свободные носители электрического заряда, электролитическая диссоциация, процесс рекомбинации</p>
<p>Демонстрация при помощи отрицательно заряженного электрометра и зажженной спички (Если зарядить электрометр наэлектризованной эбонитовой палочкой, то он будет сохранять заряд какое-то время, что свидетельствует о том, что воздух вокруг него не является проводником тока. Если же поднести зажженную спичку к шару электрометра, то он сразу</p>	<p>Электрический ток в газах, ионизация газа, ионизатор, газовый разряд, несамостоятельный газовый разряд</p>

<p>разрядится, вследствие ионизации газа)</p>	
<p>Демонстрация зависимости силы тока в цепи от внутреннего сопротивления источника тока (например, в гальванических элементах и аккумуляторах это сопротивление электролита). Соберем цепь, состоящую из кюветы с электролитом, ключа, реостата, амперметра. Далее зафиксируем показания амперметра при данном положении электродов. Затем уменьшим расстояние между пластинами электродов и отметим увеличение силы тока в цепи</p>	<p>Закон Ома для полной цепи, внутреннее сопротивление</p>
<p>Демонстрация дугового разряда при помощи двух угольных стержней (электродов), подключенных к источнику тока. Электроды необходимо привести в соприкосновение и подать на них напряжение 40-50 В. После того как стержни накалятся, их разводят на некоторое расстояние и наблюдают электрическую дугу</p>	<p>Дуговой разряд</p>

В данной квалификационной работе мы выбрали несколько демонстрационных опытов, используемых достаточно редко при изучении раздела “Электрические явления” в школе, использование которых способствует формированию и укреплению таких понятий как: электрический ток, проводимость, сопротивление проводника, сила тока, диэлектрик, источник тока и ряда других понятий из данного раздела.



# 1. Зависимость сопротивления металлических проводников от температуры

## Оборудование:

1 – штатив; 2 – стержень; 3 – лампа; 4 – патрон; 5 – основание; 6 – клемма; 7 – проводник; 8 – выпрямитель ВС-24; 9 – крышка; 10 – соединительные провода; 11 – спиртовка

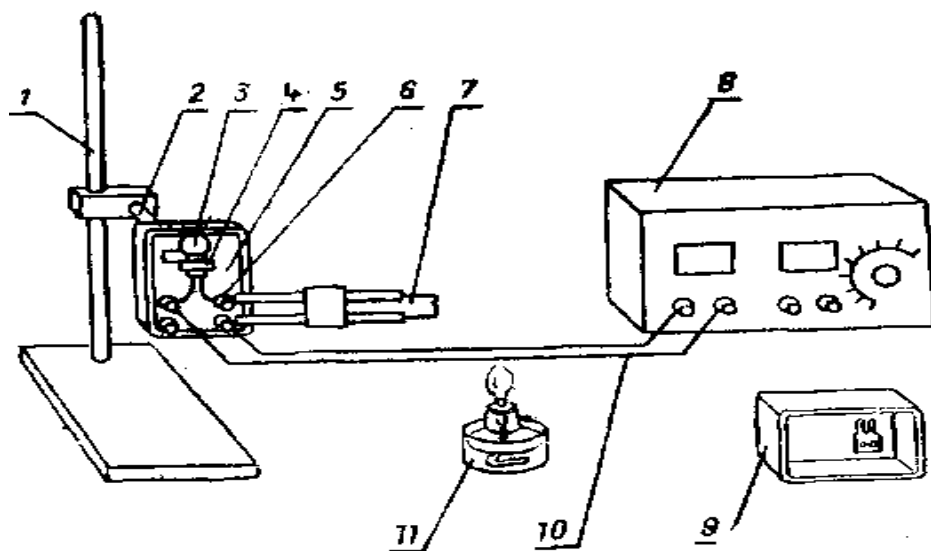


Рис. 1



Рис. 2

## Этапы проведения эксперимента:

1. Соберите установку как показано на рисунке 2.
2. Включите выпрямитель, при этом лампочка прибора загорается полным накалом.
3. Зажгите спиртовку *11* и подведите ее под проводник так, чтобы пламя спиртовки полностью охватывало проводник. Отметьте ослабление накала лампы.
4. Уберите спиртовку из-под проводника, при этом накал лампы постепенно восстанавливается до первоначального.
5. Объясните причину наблюдаемых явлений.

**Объяснение наблюдаемого явления:** Когда мы повышаем температуру, то увеличивается амплитуда колебаний ионов в узлах кристаллической решетки. Следовательно, свободные электроны будут чаще с ними сталкиваться. При столкновении они будут терять направленность своего движения. Следовательно, сила тока будет уменьшаться.

## **2. Электропроводность стекла при нагревании**

**Оборудование:** стеклянная палочка или трубка длиной 10 – 15 см, диаметром 5 – 7 мм, лампа на подставке, штатив универсальный, спиртовка, два куска медной проволоки, провода соединительные, источник питания.

### ***Этапы проведения эксперимента:***

1. Соберите установку (рисунок 3).
2. На стеклянную палочку плотно навейте в двух местах по 4 – 5 витков медной проволоки. Между спиралями оставьте пространство в 10 – 15 мм. Свободные концы проволок соедините через лампу накаливания с электрической сетью и обратите внимание, что лампа при этом не горит.

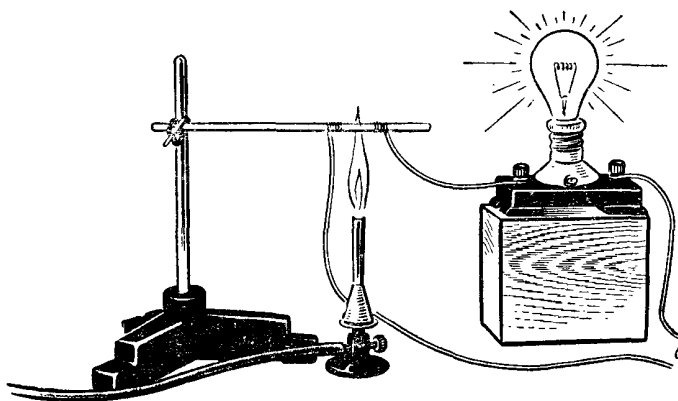


Рис. 3

3. Постепенно прогревайте стеклянную палочку в промежутке между навитыми проволоками и доводите ее до красного каления. Обратите внимание, что палочка размягчается (прогибается под действием силы тяжести) и лампа начинает светиться. Сделайте соответствующий вывод.

4. Придерживая свободный конец стеклянной палочки рукой, уберите спиртовку. Стекло не остывает. Аккуратно вытягивая или сжимая размягченную палочку, можно поддерживать горение лампы в течение длительного времени.

5. Объясните наблюдаемое явление.

**Объяснение наблюдаемого явления.** Стекло при обычных температурах не является проводником электричества, оно представляет собой сильно переохлажденную жидкость, обладающую громадной вязкостью. Оно является также электролитом, в котором имеются положительные ионы натрия. Однако если его нагреть до температуры в несколько сот градусов, то оно начинает заметно проводить электричество, так как вязкость сильно уменьшается и ионы в стекле приобретают заметную подвижность. При комнатной температуре сопротивление стеклянной палочки составляет многие миллионы Ом. Поэтому при замыкании рубильника через цепь потечет ничтожный ток (микроамперы или еще меньше), и никакого накала лампочки не будет. Но если палочку нагреть на газовой горелке до температуры  $300\text{--}400^\circ\text{C}$ , то ее сопротивление упадет до нескольких десятков Ом, и нить лампочки раскалится. Если после этого убрать

горелку и одновременно закоротить лампочку ключом К, то общее сопротивление цепи уменьшится, а ток возрастет. Стеклянная палочка будет нагреваться электрическим током и раскалится до яркого свечения, в результате чего ее сопротивление еще больше уменьшится, а ток возрастет. В конце концов палочка расплавится.

### 3. Демонстрация на тему “Постоянный ток в электролитах”

**Оборудование:** электролит (раствор соли), чувствительный электростатический вольтметр, электроды, изготовленные из цинка и меди, кювета, соединительные провода.

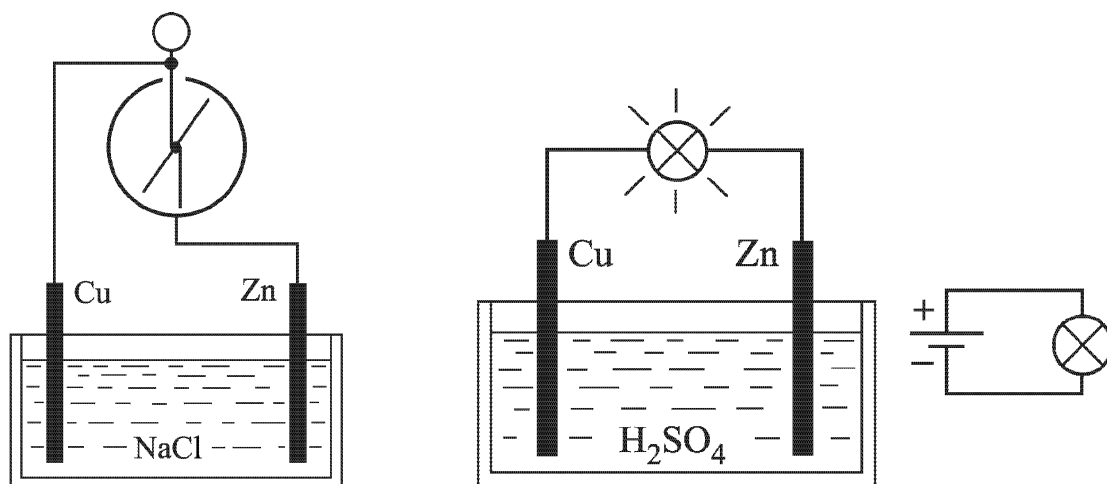


Рис. 4

Докажите, что между электродами, выполненными из различных металлов и погруженными в электролит (водный раствор щелочи, кислоты, соли), возникает разность потенциалов, т.е. на них появляются заряды противоположных знаков.

**Техника демонстрационного эксперимента:** в сосуде приготовим электролит и опустим в него пару электродов из одинаковых металлов. К электродам присоединим чувствительный электростатический вольтметр. При этом обнаружим, что, какие бы металлы ни составляли пару и какие бы электролиты не использовались, вольтметр показывает отсутствие напряжения между электродами.

Повторим опыт с электродами, изготовленными из различных металлов, и обнаружим, что в этом случае вольтметр показывает наличие напряжения, то есть между разными электродами в электролите возникает разность потенциалов.

**Объяснение наблюдаемого явления:** разделение зарядов произошло в результате работы сторонних сил химической природы.

#### 4. Демонстрация на тему “Законы постоянного тока”

**Оборудование:** гальванический элемент, вольтметр, вольтметр с щупами, резистор, ключ.

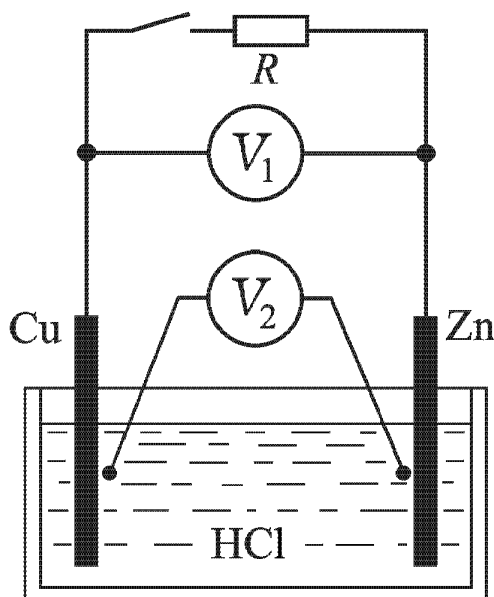


Рис.5

Докажите, что ЭДС источника равна сумме напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи.

**Техника демонстрационного эксперимента:** соберем цепь, состоящую из гальванического элемента, с подключенным к нему вольтметром, резистором и ключом. При размыкании ключа вольтметр показывает ЭДС источника, при замыкании — напряжение на внешнем участке цепи. Для измерения падения напряжения на гальваническом элементе использует вольтметр с щупами,

выполненными из одного металла и погруженными в электролит вблизи электродов, но не соприкасающихся с ними.

**Вывод по демонстрационному эксперименту:** как показывают результаты измерений, ЭДС гальванического элемента равна сумме падений напряжения на внешнем и внутреннем участках цепи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. При обучении физике в школе экспериментальные умения формируются при выполнении разных видов школьного физического эксперимента.

Школьный физический эксперимент — сложная система, включающая такие элементы, как фронтальные лабораторные работы по физике, демонстрационный эксперимент, физический практикум, домашние экспериментальные задания по физике.

2. К основным требованиям к школьному физическому демонстрационному эксперименту относят:

- 1) Видимость эксперимента всеми учащимися класса;
- 2) Наглядность;
- 3) Кратковременность опыта;
- 4) Выразительность и эмоциональность;
- 5) Занимательность;
- 6) Надежность опыта;
- 7) Убедительность опыта;
- 8) Соответствие правилам безопасности.

3. В теории и методике обучения физике как науке термины «техника постановки опытов» в силу их взаимосвязи никогда отдельно не фигурируют, а используются обязательно вместе, как бы в виде одного термина.

Техника школьного физического эксперимента — это необходимые знания о приборах по физике, об их конструкции, правилах работы с ними, умении их применять.

Методика школьного физического эксперимента предполагает понимание и знание, когда и где этот прибор следует применять в учебном процессе по физике,

как вписать рассматриваемый опыт с данным прибором в структуру конкретного урока, какие при это дать разъяснения, как показать опыт, чтобы учащиеся при этом максимально увидели, услышали и поняли суть демонстрируемого явления.

4. Нами были рассмотрены и выявлены сложности, которые могут возникнуть у учителя при изучении темы “Законы постоянного тока”, а именно при постановке демонстрационных экспериментов по данному разделу физики.

5. В данной работе нами были предложены демонстрационные эксперименты, включение которых в урок физики способствует формированию и укреплению значимых понятий из раздела “Законы постоянного тока”, таких как: источник тока, электрический ток, сопротивление проводника, разность потенциалов, напряжение, электролит и ряда других понятий.

На данном этапе работы все поставленные задачи нами были решены. Перспективное направление исследования предполагает разработку системы демонстрационного эксперимента с применением современного учебного оборудования по теме «Законы постоянного тока» школьного курса физики.



### Библиографический список

1. Бочкова, Р.В. Методологические аспекты компьютерного эксперимента. / Р.В Бочкова – М.: Просвещение, – 1998. – 228 с.
2. Булаева, О.В. Метод проектов и организация проектной деятельности учащихся по физике Текст.: учеб.-метод. пособие / О.В. Булаева, Е.А. Румбешта – Томск: ТГПУ, 2005. — 20 с.
3. Бабабанский, Ю.К. Методы обучения в современной общеобразовательной школе / Ю.К. Бабанский. М.: Просвещение, — 1985. -208 с.
4. Веников, В.А. Теория подобия и моделирование / В.А. Веников. — М.: Наука, 1976. с. 112-119
5. Важеевская, Н.Е. О наглядности в физике и методике преподавания физики / Н.Е Важеевская // Физика в системе современного образования (ФССО-05): материалы VIII международной конференции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. – 704 с.
6. Волков, В.А. Универсальные поурочные разработки по физике: 9 класс. – 2е изд., перераб.и доп. / В.А. Волков. с М.: ВАКО, 2010. – 368 с.
7. Веников В.А., Теория подобия и моделирование. / В.А. Веников. – М.: Наука, 1976. с. 112-119
8. Гальперштейн, Л.Я. Забавная физика / Л.Я. Гальперштейн. – М.: Дет. лит., 1994. - 255 с.
9. Елькин, В.И. Оригинальные уроки физики и приемы обучения Текст. / В.И. Елькин // Сост. Э.М. Браверманн. – М.: Школа - Пресс, 2001. — 80 с.

10. Жилко, В.В. Физика: учебное пособие для 11 класса общеобразовательной школы с рус. яз. обучения / В.В. Жилко. – Мн.: На рассвете, 2009. – 121 с.
11. Каменецкий, С.Е. Теория и методика обучения физике в школе. / С.Е. Каменецкий – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 384 с.
12. Корогодина, Е. В. Методические проблемы преподавания законов сохранения в механике Необратимые процессы в природе и технике: Труды 4 Всероссийской конференции / Е.В. Корогодина – М. 29-31 янв., 2007. Ч. 2. - М., 2007. – 603-605 с.
13. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений. / В.И. Лукашик, Е.В. Иванова. - 15-е изд., М.: Просвещение, 2002г. - 224 с.
14. Майер, В.В. Электричество: учебные экспериментальные доказательства. / В.В. Майер, Р.В. Майер. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2006. – 5-51с.
15. Синенко, В.Я. Методика и техника школьного физического эксперимента: учебное пособие / В.Я. Синенко. — Новосибирск, 1990. — 104 с.
16. Феофанов, С.А., Натурный и вычислительный эксперимент в курсе физики средней школы. Автореф. Дисс. канд.пед.наук / С.А. Феофанов. - С-Пб, 1996. — 29-34 с.