

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета**

Физико-математический

факультет

Высшей математики, информатики и естествознания

Кафедра

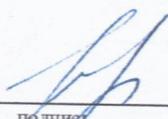
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование

44.03.05.08 Информатика и физика

«МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ
«ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ»
НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 10–11 КЛАССАХ»

Руководитель

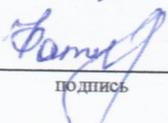


подпись

А. Н. Втюрин

инициалы, фамилии

Выпускник



подпись

М.М. Фатихова

инициалы, фамилии

Лесосибирск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета

Физико-математический

факультет

Высшей математики и информатики, естествознания

кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

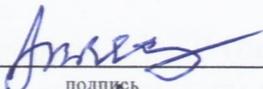
44.03.05 Педагогическое образование

44.03.05.08 Информатика и физика

«МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ
«ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ»
НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 10–11 КЛАССАХ»

Работа защищена «21» июне 2017 г. с оценкой «удовлетв.»

Председатель ГЭК


подпись

С.С. Аплеснин

инициалы, фамилия

Члены ГЭК


подпись

Е.В. Киргизова

инициалы, фамилия


подпись

Н.Ф. Романцова

инициалы, фамилия


подпись

А.М. Гилязутдинова

инициалы, фамилия


подпись

А.М. Иванова

инициалы, фамилия

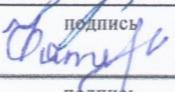
Руководитель


подпись

А.Н. Втюрин

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись

М.М. Фатихова

инициалы, фамилия

Лесосибирск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ» НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 10–11 КЛАССАХ» содержит 62 страницы текстового документа, 5 таблиц, 14 рисунков и 40 использованных источников.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ, САМОИНДУКЦИЯ, ИНДУКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГИЯ, МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ, ВНЕКЛАССНАЯ РАБОТА, ИГРЫ, ОБУЧЕНИЯ ЧАЩИХСЯ 10–11 КЛАССОВ.

Актуальность исследования проблемы базируется на необходимости совершенствования методики преподавания школьных предметов в старших классах. Особую необходимость данная проблема отражается в сложных технических предметах, в том числе в физике.

Цель работы – провести обзор явления электромагнитной индукции в рамках обучения физики учеников 10–11 классов и рассмотреть практические методики преподавания данной темы.

Объект исследования – процесс изучения физики

Предмет исследования – методика изучения явления электромагнитной индукции на уроках физики в 10-11 классах.

Анализ современного уровня подготовки школьников 10–11 классов демонстрирует, что общий уровень знаний остается довольно низким. Необходимо разработать качественно новые подходы в образовательной деятельности, учитывающие современные реалии и психологический портрет учащегося старших классов.

Исходя из данного направления, были рассмотрена методика обучения физике на примере темы «Явление электромагнитной индукции». Предлагаемая методика может быть использована в образовательной деятельности при обучении физике учащихся 10–11 классов средней школы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Понятие электромагнитной индукции	7
1.1 Сила Лоренца и электромагнитная индукция	7
1.2 Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца	12
1.3 Электромагнитная индукция при изменении силы тока.....	17
1.4 Самоиндукция и индуктивность.....	21
1.5 Принцип относительности и явление электромагнитной индукции	23
1.6 Электромагнитное поле и его энергия	27
2 Методика изучения электромагнитной индукции	30
2.1 Урок по физике «Электромагнитная индукция»	30
2.2 Интеллектуально-занимательная игра	35
2.3 Самостоятельная работа при изучении темы « Электромагнитная индукция».....	39
2.4 Сравнительный анализ основных вопросов темы по учебникам разных авторов.....	45
2.4.1 Методика формирования правила Ленца	48
2.4.2 Методика изучения закона электромагнитной индукции.....	49
2.4.3 Методика понятий электромагнитной индукции	50
2.4 Значение темы «Электромагнитная индукция».....	51
2.5 Методика включения компьютерного эксперимента в урок.....	56
Заключение	58
Список использованных источников	60

ВВЕДЕНИЕ

В разделе физики «Электромагнитная индукция» учащиеся старших классов впервые знакомятся с явлениями, связанными с изменениями электрического и магнитного полей. Изучение электромагнитных явлений, в том числе и электромагнитной индукции, например, на основе уравнений Максвелла, трудно для учащихся. Поэтому, учитывая методологию, в школьном курсе физики принято трактовать закон электромагнитной индукции как обобщение экспериментальных данных [36].

При анализе всех этих явлений рассматриваются соответствующие технические применения явления электромагнитной индукции. Ведь фактически весь материал, связанный с электродинамикой нестационарных явлений: электромагнитные колебания и электромагнитные волны – базируется на явлении электромагнитной индукции.

Актуальность изучения данного явления в старших классах школы трудно переоценить. Раскрытие и понимание материала темы «Электромагнитная индукция» состоит в раскрытии величайшей практической значимости этого явления для современного общества. На первых же уроках по данной области в XI классе целесообразно сообщить учащимся, что явление электромагнитной индукции лежит в основе работы индукционных генераторов электрического тока, на которые приходится практически вся вырабатываемая в мире электроэнергия [30].

Учащиеся старших классов в 7–9 классе познакомились с гальваническими элементами, где в результате химических реакций внутренняя энергия реагирующих веществ преобразует ее в электрическую. Ученики слышали и о солнечных батареях, устанавливаемых на искусственных спутниках Земли. В этих батареях в электрическую энергию преобразуется энергия излучения Солнца. Но мощность этих источников очень мала, а стоимость производимой на них электроэнергии в сотни раз выше стоимости энергии, вырабатываемой тепловыми двигателями. И если бы источниками электроэнергии

служили только гальванические элементы и солнечные батареи, то электроэнергию невозможно было бы использовать столь широко и в таких масштабах, которые характерны для современного общества. Однако уже к 70-м годам позапрошлого века в основных чертах был разработан генератор, пригодный для промышленного производства дешевой электроэнергии. С помощью этого генератора механическая энергия преобразуется в электрическую. В основе этого преобразования и лежит явление электромагнитной индукции, открытое в 1831 г. М. Фарадеем.

Цель работы – провести обзор такого явления, как электромагнитная индукция, в рамках обучения физики учеников 10–11 классов, и рассмотреть практические методики преподавания данной темы.

Объект исследования – процесс изучения физики

Предмет исследования – методика изучения явления электромагнитной индукции на уроках физики в 10–11 классах

Задачи:

1. Проанализировать научно-методическую и учебную литературу по явлению электромагнитной индукции;
2. Исследовать явление электромагнитной индукции и силы Лоренца, рассмотреть индуктивность и самоиндукцию;
3. Рассмотреть методику обучения по данной теме.

Методологической основой исследования являются работы отечественных и зарубежных авторов по проблемам образовательной деятельности и методикам обучения.

Направление работы определило следующие методы исследования:

- метод анализа научной и методической литературы;
- метод эксперимента.

Практическая значимость состоит в подборе наилучшего педагогического подхода для повышения уровня подготовки по физике у школьников. В работе проанализирован, обобщён, систематизирован теоретический материал по данной проблеме, который может быть использован учителями, руководите-

лями в своей педагогической деятельности, а так же студентами при подготовке к курсовым и дипломным работам. Рассмотренную методику, направленную на совершенствование образовательного процесса, можно использовать в школьной практике и вузовском курсе «Методика обучения физике».

Структура работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников, включающего 40 наименований.

Общий объем работы – 62 страницы.

Глава 1 ПОНЯТИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

1.1 Сила Лоренца и электромагнитная индукция

Изучение электромагнитной индукции на первой ступени обучения физике начинается с самых простых опытов, где вспоминается, как можно получить магнитное поле, и обратная задача – получение тока с помощью магнитного поля. Нет необходимости детально останавливаться на системе опытов и их качественном анализе, тем более что ряд таких опытов нужно будет повторить при анализе конкретных проявлений явления индукции.

Остановившись на роли М. Фарадея в открытии явления электромагнитной индукции в 1831 г. и на трудностях, которые ему пришлось преодолеть, а также кратко осветив значение данного явления в электроэнергетике, переходим к детальному исследованию явления и выводу закона индукции Фарадея. Исследование целесообразно начать с анализа явлений, возникающих в проводнике, движущемся относительно источников магнитного поля (постоянных магнитов или электромагнитов) [17].

Вспомнив опыт с перемещением катушки относительно постоянного магнита и соответствующим отклонением стрелки гальванометра в процессе движения проводника, предлагаем ученикам для анализа более простую схему (рис. 1).

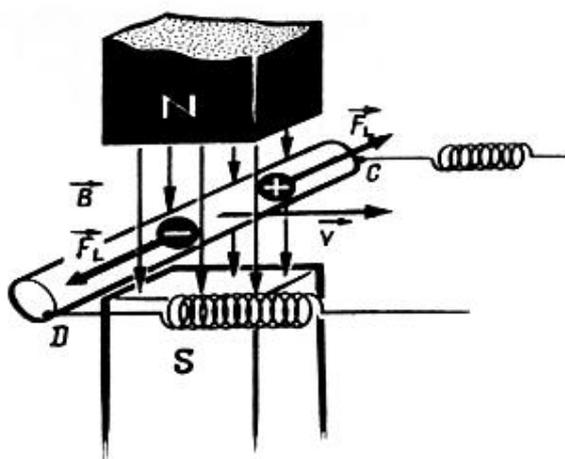


Рисунок 1 – Движение проводника

В данном случае проводник движется со скоростью v перпендикулярно направлению вектора индукции B однородного магнитного поля. Поскольку вместе с проводником движутся в ту же сторону положительно заряженные ионы (образующие его остов) и свободные электроны, то на них действуют силы Лоренца, направленные в противоположные стороны. Итак, в данном случае сила Лоренца служит той сторонней силой, которая вызывает циркуляцию зарядов в замкнутой цепи. Так что в данном конкретном случае происхождение индукционного тока и тем самым механизм электромагнитной индукции разъясняется довольно просто.

Что касается вывода выражения для электродвижущей силы (ЭДС) индукции, то здесь есть одна тонкость, на которую раньше не обращали внимания, а именно: для нахождения ЭДС индукции находили работу силы Лоренца на активном участке проводника длиной l ; разделив работу на перемещаемый заряд q , находили искомое ЭДС. Выражение получалось правильное, но ход рассуждения был неверным, так как известно, что сила Лоренца работы не совершает, поскольку она всегда перпендикулярна скорости перемещения заряда. Поэтому в настоящее время этот вопрос излагается более корректно. Рассмотрим один из возможных вариантов вывода искомой формулы.

На рисунке 2 схематически изображается установка, что и на рисунке 1.

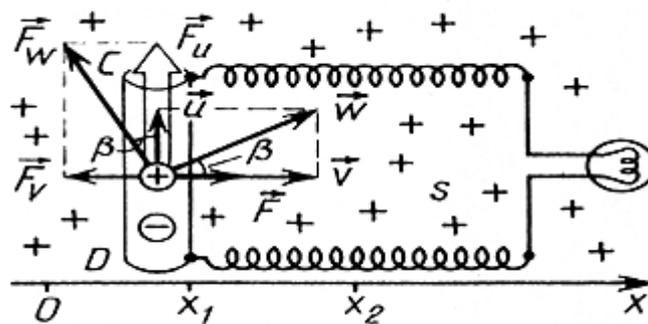


Рисунок 2 – Движение проводника

Хотя на самом деле в металлических проводниках движутся отрицательно заряженные электроны, а не положительно заряженные ионы, для простоты расчета удобнее рассматривать движение положительных зарядов.

(Эта схема имеет прямой смысл для дырочной проводимости полупроводников и ионной проводимости растворов электролитов.) Учащимся, которые проявят интерес, можно предложить самостоятельно выполнить чертеж для анализа движения электронов, указать направления сил и сделать соответствующий расчет [38].

Отмечаем, что под действием силы Лоренца возникает дрейф зарядов в проводнике со скоростью u , так что результирующая скорость движения зарядов $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$ составляет с направлением действия внешней силы \vec{F} угол β .

Перпендикулярно результирующей скорости \vec{w} на заряд действует сила Лоренца $F_{\omega} = qB\omega$, направление которой определяется правилом левой руки. Продольная и поперечная составляющие этой силы по модулю соответственно равны:

$$F_u = F_{\omega} \cos \beta = qB\omega \cos \beta = qBv,$$

$$F_v = F_{\omega} \sin \beta = qB\omega \sin \beta = qBu.$$

Здесь q – суммарный заряд всех частиц одного знака (электронов, или дырок, или ионов), дрейфующих вдоль проводника под действием продольной составляющей силы Лоренца.

Именно продольная составляющая силы Лоренца, направленная вдоль проводника, совершает работу по разделению зарядов, т. е. работа продольной составляющей (а не полной силы Лоренца) и является искомой работой сторонних сил: $A_{\text{стор}} = F_u l = qBvl$, откуда ЭДС индукции равна:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q} = Blv.$$

Крайне важно подсчитать работу A_v поперечной составляющей силы Лоренца \vec{F}_v за некоторое время t , в течение которого заряд, двигаясь со скоростью \vec{v} вдоль проводника, пройдет расстояние $l = vt$.

Имеем:

$$A_v = -F_v x = -F_v vt = -qBvvt = -qBvl.$$

Знак «минус» появился потому, что поперечная составляющая силы Лоренца и скорость перемещения проводника направлены в противоположные

стороны. Здесь четко видно, что эта работа равна по модулю работе сторонней силы, а полная работа силы Лоренца, равная сумме работ обеих составляющих, в точности равна нулю, как это и должно быть [10].

Проведенное выше рассуждение может показаться более сложным, чем традиционное, когда дрейф заряженных частиц вдоль проводника не учитывается. Однако, несмотря на кажущуюся усложненность, оно обладает рядом достоинств:

- Правильно описывает механизм явлений и позволяет избежать противоречий, характерных для традиционной трактовки;
- Дает правильное выражение для ЭДС индукции, возникающей при движении проводника в магнитном поле;
- Правильно описывает энергетику явления электромагнитной индукции и тем самым дает основу для формулировки правила Ленца.

Стоит остановиться на этом вопросе подробнее. Как видно, поперечная составляющая силы Лоренца совершает отрицательную работу, т. е. тормозит движение проводника. Чтобы проводник двигался с постоянной скоростью (несмотря на противодействие поперечной составляющей), к нему надо приложить от какого-либо источника — первичного двигателя — внешнюю силу \vec{F} , по модулю равную силе противодействия: $\vec{F} = -\vec{F}_v$. Работа этой силы равна:

$$A_{\text{мех}} = Fx = Fvt = -F_v vt = qBvl = A_{\text{стоп}},$$

т. е. в точности равна работе сторонней силы. Это и означает, что механическая энергия первичного двигателя преобразуется в электрическую энергию индукционного тока, т. е. при явлении электромагнитной индукции преобразования энергии происходят в полном соответствии с законом сохранения энергии.

Наконец, здесь может быть дана первоначальная формулировка правила Ленца: при движении проводника в магнитном поле возникает индукционный ток такого направления, при котором действующие на проводник силы противодействуют перемещению проводника, т. е. причине, вызвавшей индукционный ток.

Все дальнейшие рассуждения должны быть обращены на то, чтобы, с одной стороны, дать обобщенную трактовку, пригодную для описания всех конкретных случаев электромагнитной индукции, а с другой — показать возможные практические применения данного явления. Одно из применений может быть рассмотрено здесь же — это электродинамический микрофон.

Разъясняется назначение микрофона — преобразование звуковых колебаний в электрические. Указываются различные физические явления, которые могут быть для этого использованы, в частности явление электромагнитной индукции. Демонстрируется осциллографирование звука с помощью электродинамического микрофона, затем по схеме рисунка 3 разъясняется его устройство и действие [34].

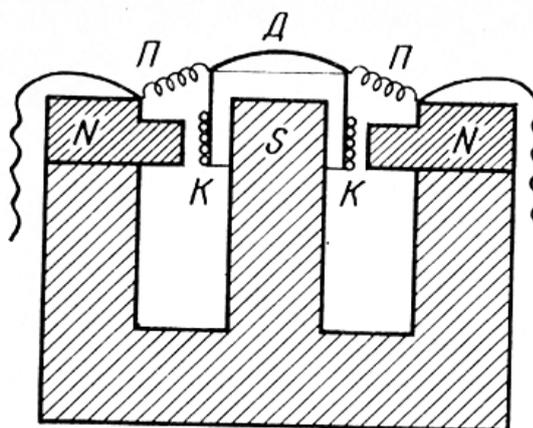


Рисунок 3 – Схема микрофона

Здесь NSN — постоянный магнит специальной конфигурации, К — катушка, присоединенная к диафрагме Д; они подвешены на пружинах П, с которых снимается напряжение. Под действием звуковой волны диафрагма совершает колебания, вместе с ней колеблются в постоянном магнитном поле витки катушки и в проводнике возбуждается ЭДС индукции $\varepsilon = Blv$, причем изменения (колебания) ЭДС пропорциональны изменениям (колебаниям) скорости катушки и, следовательно, колебаниям звукового давления. Возникшая переменная ЭДС подается на усилитель, и усиленный сигнал поступает в канал связи.

Электродинамический микрофон портативен, не нуждается в источниках тока и обладает хорошей характеристикой, т. е. вносит малые искажения в преобразуемый звуковой сигнал.

1.2 Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца

Подводим учащихся к мысли о целесообразности перехода от формулы $\varepsilon = Blv$ к более общей формулировке закона индукции, которая была бы пригодна и в тех случаях, когда ЭДС индукции возникает за счет других явлений. Для этого обращаемся вновь к рисунку 2.

Направив ось абсцисс вдоль вектора скорости перемещения проводника, указываем, что в этом случае $v = x'(t)$. Площадь, ограниченная контуром, $S = lx$, а магнитный поток через эту поверхность $\Phi = BS = Blx$. Найдем производную потока: $\Phi' = -(B)l x'$. Знак «минус» появился потому, что в данном случае магнитный поток убывает, его производная — отрицательная величина, а при выбранном направлении оси абсцисс проекция скорости \vec{v} на эту ось — величина положительная.

Учащиеся самостоятельно могут убедиться в том, что если проводник CD будет двигаться влево, то магнитный поток будет возрастать и его производная окажется положительной, но скорость в этом случае направлена противоположно оси абсцисс, т. е. ее проекция будет иметь отрицательный знак. Поэтому по-прежнему $\Phi' = -I$.

В результате закон электромагнитной индукции примет весьма общий вид: $\varepsilon = - \Phi'$. Учащимся следует разъяснить, что возможность применения полученной формулы для вычисления ЭДС индукции во всех случаях нами еще не доказана. Лишь получено выражение, удобное для дальнейших обобщений. Справедливость же этих обобщений может быть проверена только на основе эксперимента.

Обращаем внимание учащихся на три момента:

- 1) магнитный поток сквозь площадку в общем случае рассчитывается по формуле $\Phi = BS\cos\alpha$, где α – угол между направлением вектора магнитной индукции и перпендикуляром к поверхности;
- 2) магнитный поток может меняться не только за счет изменения площади поверхности, ограниченной проводящим контуром (как в предыдущем случае), но и при изменении угла между вектором индукции и нормалью, а также при изменении значения вектора индукции;
- 3) в полученной обобщенной формулировке закона электромагнитной индукции не указывается причина изменения магнитного потока сквозь контур.

Приходим к выводу, что закон электромагнитной индукции нужно проверить для всех указанных случаев. Такая проверка либо приведет к необходимости уточнения формулировки закона, либо покажет, что он справедлив при любых причинах изменения магнитного потока.

Рассматриваем два способа изменения магнитного потока: либо в результате вращения контура с постоянной угловой скоростью $\omega = \alpha'(t)$ в постоянном однородном магнитном поле, либо в результате вращения с той же постоянной угловой частотой источника магнитного поля (постоянного магнита или электромагнита) вокруг неподвижного контура. Показываем учащимся, что применение закона электромагнитной индукции в обоих случаях приводит к одинаковой формуле для ЭДС индукции в контуре:

$$\varepsilon = - \left(\int \mathbf{c} \delta \mathbf{s} \alpha \right)' = - \left(c B s \delta \right)' = \omega \sin \omega t B S.$$

Отмечаем, что график функции $\varepsilon(t) = BS\omega \sin \omega t$ представляет собой синусоиду с максимальным значением $\varepsilon_m = BS\omega$ (рис. 4).

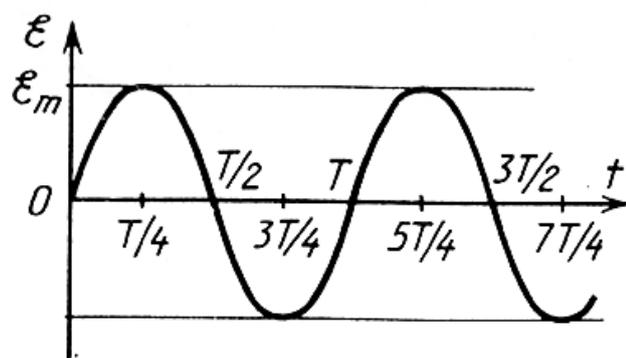


Рисунок 4 – Синусоида – график зависимости ЭДС индукции от времени

Имеющееся в школе оборудование позволяет проверить справедливость полученной формулы только качественно [32]. Собираем установку для демонстрации принципа действия генератора переменного тока. Вместо полосовых магнитов следует сверху установить дугообразный магнит, закрепленный в шпинделе центробежной машины; для усиления эффекта желательно в рамку вставить железный цилиндр (например, консервную банку). Вращая рамку, наблюдаем колебания стрелки гальванометра. Подключая выводы с клемм к зажимам чувствительного электронного осциллографа и, вращая рамку быстрее, наблюдаем осциллограмму ЭДС индукции, похожую на синусоиду. Объясняем, что причиной отличия реальной осциллограммы от синусоиды является неоднородность магнитного поля в реальном эксперименте.

Затем собираем аналогичную установку, но в другом варианте, когда рамка неподвижна, а вращается магнит. Приведя во вращение источник магнитного поля, убеждаемся, что показания гальванометра оказываются такими же. Меняя скорость вращения магнита, наблюдаем увеличение максимального значения ЭДС индукции, как это и следует из полученного выражения. Тем самым учащиеся убеждаются в общности закона электромагнитной индукции.

Разъясняем учащимся, что рассмотренные две возможности генерации синусоидальной ЭДС — вращение рамки при неподвижных источниках магнитного поля либо вращение источников магнитного поля вокруг неподвижной рамки — лежат в основе двух типов индукционных генераторов электрического тока.

В промышленных генераторах синусоидальная ЭДС возбуждается в неподвижных обмотках при вращении электромагнита, и для расчета значения ЭДС промышленных генераторов используется закон электромагнитной индукции: $\varepsilon = - \dot{\Phi}$. Расчет каждого генератора и последующее сравнение результатов расчета с реально достигнутым значением ЭДС является проверкой справедливости закона электромагнитной индукции. Ежегодно в промышленно развитых странах производят и пускают в ход множество генераторов электрического тока. Следовательно, ежегодно закон электромагнитной индукции подвергается многократной проверке.

Обобщаем соответствующим образом и правило Ленца, приводя учащихся к пониманию следующего факта: в любых проявлениях электромагнитной индукции возникает индукционный ток такого направления, что создаваемый им магнитный поток препятствует изменениям основного магнитного потока. Это правило иллюстрируется рядом опытов [38].

Важно еще раз обратить внимание учащихся на связь правила Ленца с законом сохранения энергии и на роль первичного двигателя в генераторе. Здесь же могут быть показаны опыты по индукции токов в сплошных массивных проводниках и рассмотрено действие индукционных тахометров и спидометров. Здесь можно предложить учащимся серию экспериментальных заданий на отработку правила Ленца, например:

Задание 1. Соберите установку по рисунку 5 (на нити можно подвесить легкую алюминиевую пластинку — фольгу). Поместите пластинку между полюсами дугообразного магнита и магнит отодвиньте.

Объясните, почему маятник движется вслед за магнитом.

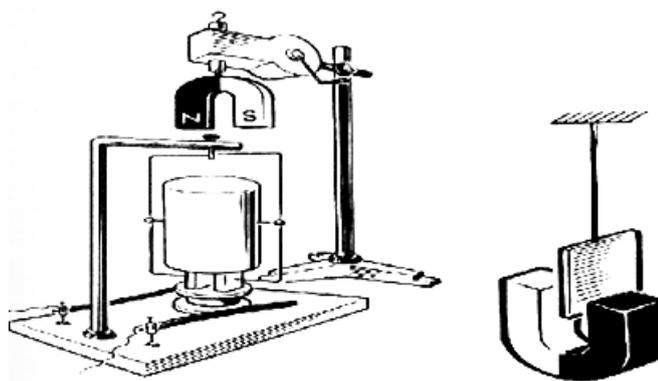


Рисунок 5 – Установка с проводящим маятником в магнитном поле

Задание 2. Отклоните маятник от положения равновесия и отпустите его. Прodelайте этот же опыт с пластинкой, имеющей вырезы. Объясните причину быстрого торможения маятника со сплошной пластинкой и более слабое торможение пластины с вырезами.

Задание 3. Подвесьте на нити магнитную стрелку. Под стрелкой, близко к ней, расположите медный или алюминиевый диск. Приведите диск в быстрое вращение вокруг вертикальной оси (рис. 6). Чтобы стрелка не увлеклась воздушным потоком, между диском и стрелкой поместите лист бумаги. Что вы наблюдаете? Какова причина данного явления? Подобный опыт был осуществлен французским академиком Луи Араго в начале XIX в., еще до открытия электромагнитной индукции. Тогда Араго не смог объяснить причину движения магнитной стрелки. Попробуйте объяснить результат опыта Араго. Можно ли использовать это явление для измерения скорости вращения диска (т. е. для устройства тахометра)?

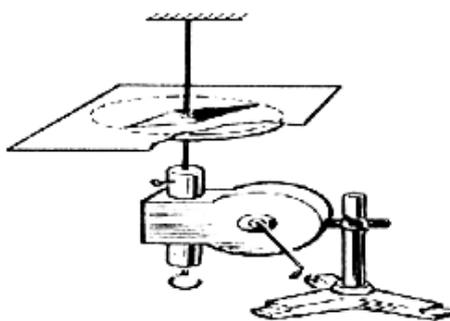


Рисунок 6 – Опыт Араго

Задание 4. Катушку разборного трансформатора на 220 В включите в сеть переменного тока напряжением порядка 10 В. Вставьте в катушку два медных стержня одинаковой массы: один сплошной, второй — набранный из медной проволоки. Через 1—2 мин. выньте оба стержня и проверьте, одинаково ли они нагрелись. Объясните причину явления. Почему сердечники трансформаторов и электрических машин собирают из тонких стальных пластинок, а не из сплошных литых конструкций? Попробуйте объяснить принцип действия индукционных плавильных печей.

1.3 Электромагнитная индукция при изменении силы тока

Обобщение закона электромагнитной индукции позволяет поднять проблему о его использовании и для случая, когда ни один из контуров не совершает механического движения, но индукционный ток появляется за счет изменения силы тока в одном из контуров.

Это обобщение было бы легко сделать, если бы нам удалось найти соотношение между силой тока в контуре и магнитным потоком. К сожалению, здесь возникают определенные трудности. Дело в том, что программой средней школы не предусматривается изучение закона Био — Савара — Лапласа и следствий из него, что не позволяет теоретически обосновать интересующую нас зависимость. Но ее можно получить на основе эксперимента (реального или мысленного). Для этой цели рассмотрим установку, схема которой показана на рисунке 7. Здесь рамка вращается между полюсами катушки (желательно без стального сердечника), по обмотке которой протекает постоянный электрический ток. Сила тока регулируется реостатом. Нам уже известно, что в рамке индуцируется в этом случае синусоидальная ЭДС, максимальное значение которой равно $\varepsilon_m = BS\omega = \omega$, где ω — угловая скорость вращения рамки.

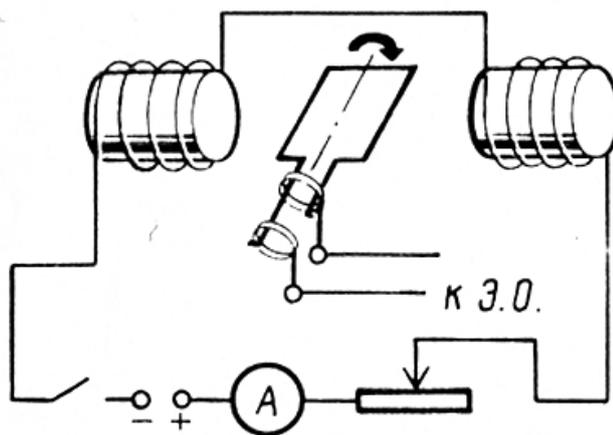


Рисунок 7 – Установка для исследования зависимости магнитного потока от силы тока

Изменяя силу тока в обмотке при неизменной скорости вращения рамки, убеждаемся, что максимальное значение ЭДС меняется пропорционально изменениям силы тока. Но из соотношения $\varepsilon_m \sim I$ следует: $\Phi \sim I$, или $\Phi = L_{12}I$, где L_{12} — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом взаимной индукции двух обмоток — электромагнита и вращающейся рамки. Обосновав, таким образом, мы получаем возможность сделать последнее, очень важное обобщение закона электромагнитной индукции — распространить его на тот случай, когда явление индукции не сопровождается механическим движением каких-либо частей установки, а ЭДС индукции возникает за счет изменения силы тока в одном из двух контуров. Демонстрируем еще раз это явление и объясняем его следующим образом.

Пусть в одном из двух близко расположенных контуров сила тока меняется с течением времени, т. е. $I = I(t)$. Пропорционально изменениям силы тока меняется магнитный поток через поверхность, охватываемую вторым контуром, т. е. магнитный поток $\Phi = \Phi(I)$ оказывается функцией времени. Тогда во втором контуре возникает ЭДС индукции: $\varepsilon = - \dot{\Phi}$ (). Указываем, что на этом принципе основана работа трансформатора, и демонстрируем его в действии. Детальный анализ принципа действия трансформатора откладываем до изучения переменного тока.

Обращаем внимание учащихся на тот факт, что, как и в случае генератора синусоидальной ЭДС, успешность работы трансформаторов, расчет которых ведется в соответствии с законом электромагнитной индукции, служит подтверждением правомерности сделанного нами обобщения [17].

Знание формулы для вычисления ЭДС индукции еще не дает ответа на вопрос: какие же силы вызывают в проводнике циркуляцию зарядов? В случае движения проводника относительно источников магнитного поля ответ ясен: ею служит продольная составляющая силы Лоренца. Но в случае, когда проводник неподвижен, сила Лоренца равна нулю. Какая же сила действует на заряды?

Возникает проблемная ситуация, разрешить которую можно, если вспомнить, что на неподвижные заряды может действовать только электрическое поле. Тем самым мы приводим учащихся к идее, которую впервые сформулировал великий английский физик Джеймс Клерк Максвелл в 1863–1873 гг.: любое переменное магнитное поле возбуждает вокруг себя вихревое электрическое поле, т. е. электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями, охватывающими линии индукции магнитного поля. Направление этих силовых линий показано на рисунках 7 и 8 [12].

Легко убедиться, что направление силовых линий индуцированного электрического поля соответствует правилу Ленца. В самом деле, если поместить в этом поле замкнутый контур, то по нему потечет индукционный ток в направлении силовых линий электрического поля. Этот ток возбудит индуцированное магнитное поле, вектор индукции которого \vec{B} изображен на рисунках 7 и 8 пунктиром. Он направлен так, что индуцированное магнитное поле противодействует изменению основного магнитного поля: если индукция основного поля возрастает, то вектор \vec{B} направлен против вектора \vec{B} индукции основного поля (рис. 7); если же индукция основного поля убывает, то векторы \vec{B} и \vec{B} имеют одинаковое направление (рис. 8).

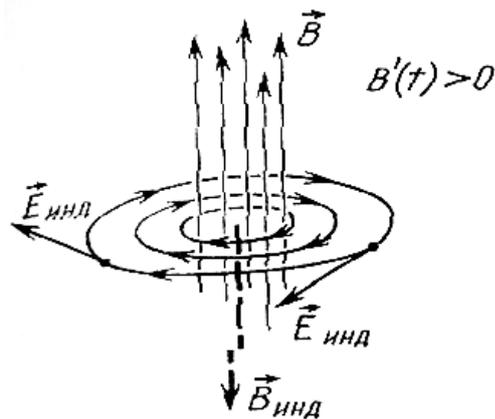


Рисунок 7 – Возрастание индукции

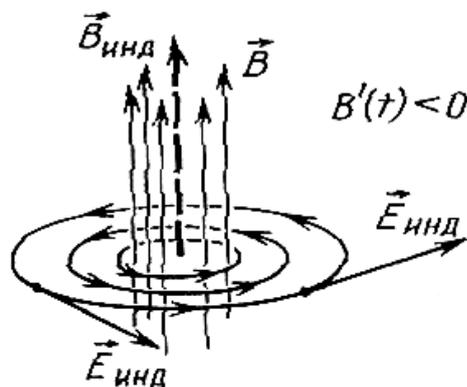


Рисунок 8 – Убывание индукции

Какую роль играет в явлении индукции проводник? Согласно теории Максвелла, он служит лишь индикатором, позволяющим обнаружить индуцированное вихревое электрическое поле [11].

В самом деле, в законе электромагнитной индукции ЭДС не зависит от свойств проводника и полностью определяется производной магнитного потока по времени, т. е. скоростью изменения магнитного потока. Это же подтвердили результаты экспериментальных исследований, проведенных Максвеллом в 1870 г. Оказалось, что ЭДС индукции не зависит ни от материала проводника, ни от рода носителей тока, ни от сопротивления проводника, ни от его температуры. Конечно, сила индукционного тока $I = \frac{E}{R} = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt}$ за-

висит от свойств проводника, как это следует из закона Ома, но ЭДС индукции определяется только характером изменения магнитного поля. Хорошим примером установки, где в чистом виде обнаруживается существование вихревого индуцированного электрического поля, является бетатрон.

Следует отметить, что в 1873 г. Максвеллом было выдвинуто еще одно положение: любое переменное электрическое поле возбуждает вокруг себя переменное магнитное поле. Таким образом, переменное электрическое поле в этом смысле играет такую же роль, как и электрический ток проводимости; это дало Максвеллу основание ввести понятие силы тока смещения как величины, пропорциональной производной от напряжения электрического поля по времени: $I \propto E'(t)$. Линии индукции магнитного поля, возникающего при изменении электрического поля, показаны на рисунке 9а, б.

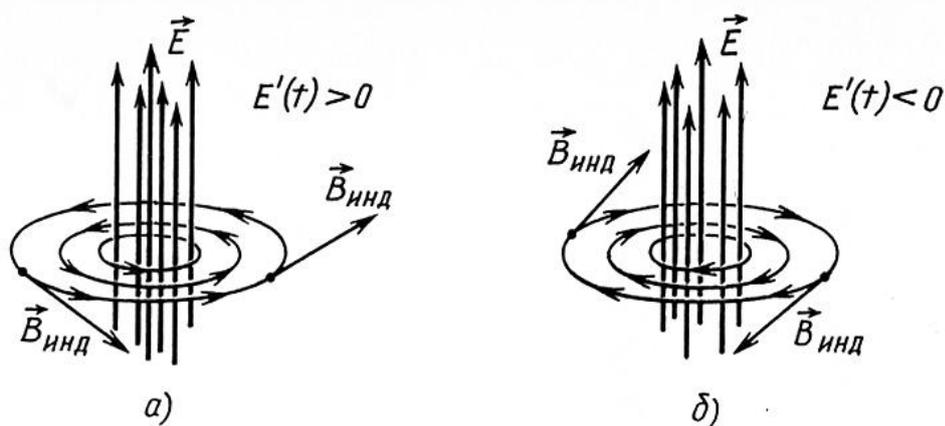


Рисунок 9 – Возникновение магнитного поля при изменении электрического поля

Данный вопрос о связи между переменными электрическими и магнитными полями подробно рассматривается при изучении электромагнитных волн.

1.4 Самоиндукция и индуктивность

Явление самоиндукции — частный случай явления электромагнитной индукции, оно возникает при изменении силы тока в самом контуре. Поэтому его изучение ничего принципиально нового не дает. Однако с явлением самоиндукции и понятием индуктивности приходится встречаться при изуче-

нии энергии магнитного поля и электромагнитных колебаний, вследствие чего механизм явления и соответствующие понятия должны быть твердо усвоены учащимися [34].

Как уже было доказано, при протекании электрического тока по какому-либо проводнику, например по обмотке катушки, вокруг него образуется магнитное поле, которое охватывает все окружающее пространство, в том числе и пространство внутри катушки. Магнитный поток внутри катушки пропорционален силе тока в обмотке: $\Phi = LI$, где L — коэффициент пропорциональности, зависящий от размеров катушки и густоты обмотки, т. е. числа витков, приходящихся на единицу длины, а также от магнитных свойств сердечника. Эта величина называется индуктивностью катушки. Индуктивность

$L = \frac{\Phi}{I}$ есть отношение магнитного потока внутри катушки к силе тока в об-

мотке. При отсутствии стальных сердечников индуктивность не зависит от силы тока. Вводим единицу индуктивности Генри (Гн) как индуктивность электрической цепи, с которой при силе постоянного тока 1 А сцепляется магнитный поток 1 Вб. Рассматриваем случай, когда сила тока в обмотке катушки меняется, т. е. $I = I(t)$. Тогда соответственно меняется и магнитный поток внутри катушки, а согласно Максвеллу переменное магнитное поле индуцирует в обмотке катушки вихревое электрическое поле. Иными словами, меняющийся в обмотке ток сам на себя наводит ЭДС индукции, которую в этом случае называют ЭДС самоиндукции. Предлагаем учащимся самостоятельно найти выражение для ЭДС самоиндукции, применив общий закон электромагнитной индукции: $E_L = - \dot{\Phi} = - L \dot{I}$. Этот вывод строго справедлив в случае, когда индуктивность — величина постоянная. Указываем, что с известными ограничениями и формулой можно пользоваться и при наличии в катушке стального сердечника.

Предлагаем учащимся самостоятельно применить правило Ленца к явлению самоиндукции. Путем коллективного обсуждения подводим их к выводу, что при возрастании тока ЭДС индукции должна препятствовать уве-

личению силы тока, а для этого она должна вычитаться из внешнего напряжения (т. е. имеет противоположный знак); при убывании же тока в цепи ЭХ самоиндукции должна препятствовать уменьшению силы тока т. е. должна складываться с внешним напряжением (знаки самоиндукции и внешнего напряжения совпадают). Ошибочно говорить о направлении ЭДС, поскольку это скаляр, а не вектор; у ЭДС есть знак, но нет направления. Вместе с тем вполне корректно сравнивать направления векторов напряженности электрического поля, создаваемого внешним источником и поля, индуцированного за счет явления самоиндукции. После анализа явления убеждаем учащихся в правильности проведенных рассуждений, демонстрируя соответствующие опыты. Опыт демонстрирует одно из практических применений явления самоиндукции.

1.5 Принцип относительности и явление электромагнитной индукции

Один из методов формирования понятия электромагнитного поля предусматривает отдельное и поэтапное формирование понятия сначала электростатического поля, затем стационарного поля в цепях постоянного тока, далее магнитного поля постоянных токов (магнитостатика) и, наконец, — в порядке обобщения — понятия электромагнитного поля. В принципе такой путь оправдан как с позиции базисной науки — физики, так и из дидактических соображений. Однако данная методика страдает одним недостатком: вольно или невольно у учащихся формируется представление об электрическом и магнитном полях как о самостоятельных и независимых сущностях.

Этой опасности частично можно избежать, если использовать пропедевтический этап, в котором сразу вводится понятие единого электромагнитного поля, а затем рассматриваются его различные проявления.

В настоящее время виден только один путь создания у учащихся правильного представления о едином электромагнитном поле — это рассмотрение явления электромагнитной индукции на основе принципа относительности. При этом, естественно, не удастся полностью решить все связанные с

этим проблемы, в частности вывести формулы для преобразования векторов поля при переходе из одной системы отсчета в другую. Речь идет о сугубо качественном рассмотрении данного вопроса, которое вполне достаточно для решения поставленной задачи — формирования понятия электромагнитного поля как одной из форм материи [23].

Напоминаем содержание принципа относительности, известного учащимся из курса механики: никакими механическими опытами, производимыми в какой-либо инерциальной системе отсчета, нельзя определить, покоится ли данная система или движется равномерно и прямолинейно. Другими словами, в механике все инерциальные системы отсчета равноправны.

В процессе обучения устанавливаем, что известные учащимся тепловые процессы, явления гидро-, аэростатики и гидродинамики, звуковые явления тоже не позволяют выделить систему отсчета, в которой бы эти явления и процессы описывались по-разному в разных инерциальных системах.

Сообщаем, что в самом начале XX в. Французский физик и математик А. Пуанкаре обобщил принцип относительности на все физические явления: «Законы физических явлений будут одинаковы как для наблюдателя, находящегося в состоянии покоя, так и для наблюдателя, совершающего равномерное и прямолинейное движение, так что мы не имеем и не можем иметь никаких средств, чтобы различить, находимся ли мы в таком движении или нет». Эта же идея была положена А. Эйнштейном в основу разработанной им в 1905 г. Специальной теории относительности.

Предлагаем учащимся объяснить появление ЭДС индукции в двух опытах (рис. 10): в первом опыте виток провода приближается к неподвижному магниту, а во втором — магнит приближается к неподвижному витку провода. Отмечаем, что в первом опыте циркуляция зарядов в проводнике объясняется как результат взаимодействия магнитного поля постоянного магнита с движущимися вместе с проводником электронами, т. е. действием силы Лоренца. Во втором же опыте циркуляция зарядов объясняется действием вих-

ревого электрического поля, возникающего при изменении магнитного поля вблизи витка за счет приближения к нему магнита.

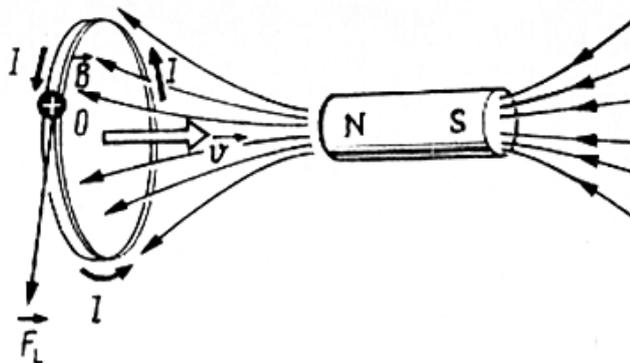


Рисунок 10 – Появление ЭДС в замкнутом витке, движущемся относительно неподвижного магнита

Выдвигаем гипотезу: явление электромагнитной индукции представляет собой именно то явление, которое не подчиняется принципу относительности и позволяет среди всех инерциальных систем отсчета выделить одну, особую, движение относительно которой или покой можно было бы считать абсолютным движением или абсолютным покоем. Может быть, если движение зарядов в проводнике полностью определяется действием силы Лоренца, то магнит «абсолютно неподвижен», а проводник движется в этой особой системе отсчета? Если же движение зарядов в проводнике вызывается индуцированным электрическим полем, то проводник «абсолютно неподвижен», а движется магнит? Именно на этот парадокс и обратил внимание Эйнштейн уже в своей первой работе по теории относительности и нашел из него выход, распространив принцип относительности и на электромагнитные явления.

Обращаем внимание учащихся на тот факт, что экспериментально различить случаи «абсолютной неподвижности» проводника и «абсолютной неподвижности» магнита нельзя, поскольку и в том, и в другом опыте значение ЭДС индукции определяется скоростью изменения магнитного потока сквозь виток провода, а в конечном итоге — скоростью относительного движения витка и магнита. Сообщаем учащимся, что окончательно разобраться в этом

вопросе удалось после разработки специальной теории относительности. Согласно теории относительности поле постоянного магнита является «чисто магнитным» только в той системе отсчета, в которой магнит покоится. В любых других инерциальных системах отсчета, движущихся относительно магнита, обнаруживается как магнитное поле, так и электрическое. Аналогично поле электрически заряженного тела можно рассматривать как «чисто электрическое» (электростатическое) только в системе отсчета, где это тело покоится. Во всех других инерциальных системах отсчета, относительно которых заряженное тело движется, обнаруживается как электрическое поле, так и магнитное.

Этот результат А. Эйнштейн сформулировал следующим образом: «Мы видим, что в изложенной теории электродвижущая сила (так во времена Эйнштейна называлась ЭДС) играет роль вспомогательного понятия, которое своим введением обязано тому обстоятельству, что электрические и магнитные поля не существуют независимо от состояния движения координатной системы. Ясно, что асимметрия, упомянутая во введении при рассмотрении токов, возникающих вследствие относительного движения магнита и проводника, исчезает». Таким образом, электрическое и магнитное поля как особые и независимые друг от друга объекты не существуют. Существует один объект – электромагнитное поле как одна из форм материи (наряду с веществом). Это поле описывается (в вакууме) двумя векторами – напряженностью \vec{E} и индукцией \vec{B} . Векторы электромагнитного поля не независимы: их значения зависят от выбора системы отсчета, в которой рассматривается явление.

В некоторых случаях один из векторов электромагнитного поля может обратиться в нуль. Так, если источником поля является заряженное тело, покоящееся относительно системы отсчета, то в этой системе $\vec{E} = \vec{0}$, а $\vec{B} = \vec{0}$. Если же источником поля служит магнит, покоящийся относительно системы отсчета, то $\vec{E} = \vec{0}$, а $\vec{B} \neq \vec{0}$. Однако в любой другой системе отсчета оба век-

тора поля отличны от нуля, т. е. обнаруживаются оба компонента поля – электрическая и магнитная составляющие.

Надо предупредить возможную ошибку, состоящую в том, что всегда путем выбора подходящей системы отсчета можно добиться, чтобы один из векторов поля обратился в нуль. Это возможно лишь в том случае, когда векторы поля суть постоянные величины. Если же векторы поля меняются во времени, то ни в одной системе отсчета их значение не окажется равным нулю. В частности, так обстоит дело при явлениях взаимной индукции и самоиндукции, когда магнитное поле является функцией времени. Точно так же обстоит дело с электромагнитной волной: если она есть в одной системе отсчета, то она есть и в любой другой системе отсчета, хотя ее характеристики (например, частота) при этом меняются.

1.6 Электромагнитное поле и его энергия

Учащимся из курса электростатики известно, что заряженный конденсатор обладает энергией $W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$, которая может быть преобразована в другие виды.

В порядке повторения демонстрируем соответствующий опыт, разрядив заряженный конденсатор либо через неоновую лампу, либо через лампу накаливания.

Напоминаем также основную идею Максвелла, что энергия рассредоточена по всему электрическому полю с плотностью $w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$.

Это повторение служит пропедевтикой для введения понятия об энергии электромагнитного поля, а также для изучения колебательного контура.

Чтобы ввести понятие об энергии магнитного поля, демонстрируем еще раз явление самоиндукции при размыкании цепи, когда параллельно катушке подключается неоновая лампа. Наблюдаем яркую вспышку лампы при размыкании цепи. Возникает проблема: ведь мы выключили источник тока, от-

куда же взялась энергия для вспышки лампы? Единственная гипотеза заключается в том, что при протекании тока по обмотке в магнитном поле накапливается энергия W_M ; при разрыве цепи поле исчезает, а его энергия расходуется на зажигание лампы [23].

При размыкании цепи через лампу и катушку протекает разрядный ток, причем сила тока является функцией времени $I = I(t)$. При этом ЭДС самоиндукции совершает работу, равную убыли энергии магнитного поля: $-\Delta W_M = A = I \varepsilon_L \Delta t$. Подставив значение ЭДС самоиндукции $\varepsilon_L = -LI'(t)$, полу-

чим: $\frac{\Delta W_M}{\Delta t} = LII'(t)$. Перейдем к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$ и учтем, что

$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W_M}{\Delta t} = W'_M(t)$ есть производная от энергии магнитного поля; следова-

тельно, справедливо соотношение $W'_M = LII'$.

Нетрудно убедиться, что выражение $W_M = \frac{LI^2}{2} + W_0$ является решением данного дифференциального уравнения. Рекомендуем это учащимся доказать, взяв производную от обеих частей данного выражения. Учитывая, что при отсутствии тока в цепи энергия магнитного поля тоже равна нулю, приходим к выводу, что постоянная $W_0 = 0$. Отсюда следует искомое выражение

для энергии магнитного поля катушки: $W_M = \frac{LI^2}{2}$.

У учащихся может возникнуть вопрос: «А не является ли энергия $W_M = LI^2/2$ кинетической энергией электронов, движение которых представляет собой электрический ток в катушке?» Отмечаем, что при одной и той же силе тока I кинетическая энергия электронов в катушках с железным сердечником и без него одна та же, но создаваемые им магнитные поля разные. Разной будет и запасенная в катушках энергия. Делаем вывод, что величина W_M характеризует энергию именно магнитного поля катушки.

Предусмотренный выше вывод не единственно возможный. Существуют и другие выводы этой формулы — либо с помощью графика, либо через

среднюю силу тока. Приведенные выше рассуждения обладают одним существенным преимуществом: применяя для вывода искомой формулы анализ дифференциального уравнения, учащиеся готовятся к использованию данного метода при анализе явлений в колебательном контуре. С другой стороны, данная методика усиливает связи с курсом математического анализа, который изучается в старших классах.

Не имея выражения для индуктивности катушки, невозможно вывести выражение для плотности энергии магнитного поля. Здесь поможет только аналогия с выражением для плотности энергии электрического поля. На основе этой аналогии сообщаем учащимся, что для плотности энергии магнитного поля Максвелл получил выражение $\omega = \frac{B^2}{2\mu_0}$. Напоминаем, что в общем случае существует единое электромагнитное поле как одна из форм материи, причем векторы поля \vec{E} и \vec{B} между собой связаны, а их значения зависят от выбора системы отсчета. На этой основе выводится выражение для плотности энергии электромагнитного поля: $\omega = \omega_E + \omega_B = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$.

Не имея выражения для индуктивности катушки, невозможно вывести выражение для плотности энергии магнитного поля. Здесь поможет только аналогия с выражением для плотности энергии электрического поля. На основе этой аналогии сообщаем учащимся, что для плотности энергии магнитного поля Максвелл получил выражение $\omega = \frac{B^2}{2\mu_0}$. Напоминаем, что в об-

щем случае существует единое электромагнитное поле как одна из форм материи, причем векторы поля \vec{E} и \vec{B} между собой связаны, а их значения зависят от выбора системы отсчета. На этой основе выводится выражение для

плотности энергии электромагнитного поля: $\omega = \omega_E + \omega_B = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$.

Глава 2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

2.1 Урок по физике «Электромагнитная индукция»

Обобщение подразумевает под собой понимание отдельных объектов, поиск в них новых особенностей, а также их группировка по отличительным признакам [2].

Систематизация – это мыслительная деятельность, когда в процессе изучения объекты составляются в определённую структуру на основе отобранного признака.

На данный момент есть несколько уровней систематизации. Уровень:

- Научных понятий и общей картины мира;
- Законов и теорий;
- Физической картины мира;
- Естественной картины мира.

Систематизация и обобщение включают в себя:

1. Структурные формы материи.
2. Свойства объектов и явлений.
3. Явления, процессы, варианты движения.
4. Приборы, установки и механизмы.
5. Методологию исследования.
6. Физические константы, дающие характеристику явлениям и свойствам тел.

Уроки обобщения делятся по задачам и целям:

1. По дидактической цели:
 - Урок установки связи между компонентами знаний;
 - Урок практического применения свершений науки;
 - Урок обобщения знаний, учитывая методы исследования.
2. По содержанию:

- Установление внутри-предметных связей;
 - Установление внутри-цикловых связей;
 - Установление межпредметных связей;
 - Философское обобщение.
3. По самостоятельности учащихся:
- С реализующим руководством преподавателя;
 - С направляющим руководством преподавателя.
4. По методу внедрения в образовательный процесс, уроки:
- Вводного обобщения;
 - Промежуточного обобщения;
 - Итогового обобщения.

Обобщающий урок в физике – это система, состав и структура которого, имеют разительные отличия от других типов урока.

Ключевые черты обобщающих уроков [8]:

1. Назначение урока заключается в обобщении всех полученных знаний учеников, элементы которых по конкретным темам учебника физики должны быть предоставлены в виде замкнутой и логически целостной системы. Определенные компоненты этой системы должны иметь взаимосвязь и четкую структуру.
2. Обобщающие уроки позволяют учащимся осознать методологические знания, понять саму логику процесса познания.
3. Углубление полученных ранее знаний. Т.е. понимание существенных, наиболее важных характеристик и связей, показанных через систему знания.

Сама идея систематизации компонентов физического знания, является базой методологической идеи разработки содержания обобщающего урока по курсу физики.

Урок по теме «Электромагнитная индукция»

Цель урока: упорядочить знания учеников по данной теме.

Продолжительность занятия: 45 минут

Тип урока: урок обобщения и систематизации знаний.

Задачи урока:

- Образовательная задача – углубить знания, полученные ранее, по данной теме.
- Развивающая задача – совершенствование методов познания в т. ч. анализа и обобщения.
- Воспитательная задача – принятие научной точки мировоззрения.

Ход урока.

1 этап. Организационный.

«Приветствую вас, ребята! Сегодня наш урок пройдет в необычной форме. Мы проведем обучающую соревновательную игру «Счастливый случай». Благодаря данной игре мы сумеем обобщить и упорядочить знания по рассматриваемой теме.

2 этап. Вводно-мотивационный.

«Вашим заданием было создать и разделить на две команды, а также подготовить увлекательные задания к третьей игре, называемой «Ты мне – я тебе». Приступим к игре»

3 этап. Организационный.

«Ребята, сегодня мы поиграем в увлекательную игру «Счастливый случай». Рассчитывайте не только на случай, но в первую очередь – на знания, приобретенные вами ранее при изучении данной темы. Приступим»

1 игра «Гонка за лидером»

Правила игры совсем несложны. Каждой участвующей команде задается по три вопроса, которые выбираются капитанами команд при помощи кубика. На гранях данного кубика изображены цифры, определяющие порядковый номер вопроса. Также на одной из граней есть символ, который обозначает «счастливый случай». При выпадении данного варианта, ученик может передать ход сопернику.

Далее задаются вопросы.

Вопросы 1 команде:

1. *Если поток магнитный в контуре начнём мы изменять,
То, безусловно, вскоре начну я возникать!
И для эксплуатации не требую инструкции
Ведь я*
2. *Меня физик английский открыл,
И тем самым весь мир удивил
Назови ты его поскорей
Ведь его же зовут*
3. *Ну-ка скажите мне без промедления,
Как назвать ток при моём появлении?*

Рисунок 11 – Стихотворные вопросы первой команде

4. *Вы правило Ленца нам расскажите
И применение его покажите.*
5. *В чём сущность явления самоиндукции,
Вы нам расскажите, раскройте конструкцию.*
6. *У меня есть две обмотки симпатичные
Обмотка первичная, обмотка вторичная,
Я напряжение в сети изменяю,
Хочу, понижаю, хочу, повышаю.*

Рисунок 12 – Стихотворные вопросы второй команде

2 игра «Спешите видеть»

Для данной игры ученикам предлагается решить задачи.

Задача № 1.

На хула-хуп наматывают 100 витков проволоки с изоляцией и диаметром 0,2 мм. Концы данной проволоки требуется соединить с помощью 2-х

проводов длиной не менее 2 м к клеммам гальванометра. Нужно взять часть обруча с проводами. Далее, зафиксировав обруч перед собой так, чтобы рука оказалась в одной плоскости с обручем, поворачивать руку и кисть в одинаковом направлении, далее – в обратном направлении на 180 градусов. Стрелка гальванометра изменит положение. Задача – объясните данное явление.

Задача № 2.

Замкнутую накоротко катушку, состоящую из 500 витков, повесить над катушкой Томсона на тонких растяжимых нитях. Подключить катушку Томсона к источнику питания, после чего подвешенная катушка оттолкнется. На конденсатор, ёмкостью 10–15 мкФ, надо замкнуть ее концы. Повторить данный опыт – катушка притянется. Объяснить показанное явление.

Задача № 3.

К цепи электродвигателя подключают электрическую лампу. Мощность лампы эквивалентна мощности электродвигателя. В момент подключения в цепь, лампа быстро загорается, далее – также быстро гаснет. Объясните данное явление.

3 игра «Ты мне – я тебе»

Данная игра основана на взаимных вопросах. Члены команд задают друг другу, например, следующие вопросы:

- Для двигателей постоянного тока якорь не отливают единой болванкой, а собирают из тонких пластин из стали, разъединённых изолирующим материалом. Почему так, если первый способ объективно проще?
- Какие требуются условия в замкнутом контуре для возникновения индукционного тока?
- ЭДС самоиндукции – от чего она зависит?
- Что вкладывается в понятие «индуктивность»?
- Какое воздействие оказывает проводник с магнитным полем на свободные заряды, движущиеся в этом поле?
- Электрический и электростатический ток. В чем их различие?

- Опишите, каким образом происходит превращение механической энергии в электрическую энергию в генераторе постоянного тока?
 - Опишите зависимость индуктивности катушки от числа ее витков.
 - При замыкании цепи сила тока не нарастает мгновенно. Почему?
 - В каком направлении протекает ток размыкания и почему он возникает?
- Учащиеся могут задавать любые вопросы в рамках темы. По итогам игр оценивается активность учащихся, правильность ответов. Выставляются оценки.

2.2 Интеллектуально-занимательная игра

Внеклассная работа всегда играла особую роль в образовании учеников, как дополнительный (иногда – альтернативный) метод воспитательного и учебного процесса, производимого учителем в рамках школьной программы [22]. К деятельности преподавателя – предметника относятся два варианта внеклассной работы:

1. Дополнительные занятия с учениками, отстающими от других.
2. Дополнительные занятия с учениками, интересующимися предметом, проявляющими особый интерес и способности, а также занятия с учениками, собирающимися поступать – профильные занятия.

Внеклассная работа ставит задачи:

- Повышение учебно-воспитательного воздействия на учеников;
- Полноценное развитие творчества учеников;
- Повышение доли практики в занятиях, отработка умений, проведение лабораторных работ и наглядных опытов;
- Разделение работы с детьми – индивидуальный подход;
- Всестороннее развитие ученика, как личности.

Варианты внеклассной работы:

- Индивидуальная работа;
- Работа в группах;
- Коллективная работа.

Формы внеклассной работы:

- Кружки, в том числе физико-технические;
- Совместные вечера по предмету;
- «Физические» конференции;

Особенности состава внеклассной работы, ее организация:

1. Привлечение педагогической и научной общественности к занятиям с учениками.
2. Организация дополнительной работы по новым областям науки.
3. Повышение общеобразовательного акцента в работе с учениками.
4. Отражение к тенденции внедрения учебных предметов.
5. Анализ и применение новых вариантов организации внеклассной работы, повышающих интерес к предмету.

Умело организованная внеклассная работа оказывает существенное влияние на учеников, способствует формированию личностных и индивидуальных качеств, а также творческих умений.

Совместная игра на тему «Электромагнитная индукция».

У игры простые правила: Интеллектуально-занимательная игра включает в себя три конкурса – приветствие, разминку и домашнее задание. Учащиеся делятся на две команды. Итоги конкурсов оценивают жюри. В игре рассматривается первенство (личное и командное).

Подготовка к игре – учащиеся самостоятельно готовят домашнее задание по заданной теме.

Методическое воздействие: игра позволяет оценить качество и уровень знаний, раскрыть творческие умения учащихся.

Содержание игры.

1 конкурс. Приветствие [39].

Первая команда «Потомки Фарадея», вторая – «Дети лейтенанта Ленца».

Ниже представлено примерное содержание приветствий команд:

Команда №1.

*Мы потомки Фарадея
Мы на свете всех мудрее,
Мы явление открыли, про печали все забыли.
Наш девиз – всегда вперёд,
Тот, кто знает, тем везёт!*

Команда №2.

*Мы дети лейтенанта Ленца
Мы достойно идём вперёд
Нам все беды по коленце
От нас удача никогда не отстаёт.
Наш девиз – быть всегда всем вместе
И никогда не стоять на месте!*

Рисунок 13 – Приветствие команд

После приветствия команды дают биографические очерки об учёных (М. Фарадей, Э. Х. Ленц), кратко повествуют об истории открытия электромагнитной индукции, самоиндукции, объясняют правило Ленца и сущность данных явлений [40].

За конкурс начисляются баллы.

Далее проводится следующий конкурс.

2 конкурс. Разминка.

Командами задаются вопросы, которые формулируются в игровой стихотворной форме, например:

- 1. Я таможенный инспектор, проходя через контроль
Если ты идёшь с железом, я скажу тебе постой.
Если ты идёшь пустой, Проходи здесь и не стой!
А при чём здесь изучаемое явление
Догадайся и ответь нам без сомнения!*
- 2. Что позволяет считывать данные с магнитных лент,
Спросил меня однажды незнающий студент,
Ведь я это знаю, я профессор
И вы мне расскажите, интересно!*
- 3. Что появляется при размыкании контакта
В катушке, расскажите мне ребята.
Я трансформатор и моё устройство
Вы расскажите это же так просто.*

Рисунок 14 – Вопросы команд

Также можно предложить решить задачи, в рамках которых оценивается правильность и точность ответов. Также конкурс способствует реализации творческих качеств обучающихся.

За победу в конкурсе начисляются баллы.

3 конкурс. Домашнее задание.

Выборочная команда должна будет рекламировать явление электромагнитной индукции (аналогично – правило Ленца).

Примерное содержание рекламы явления электромагнитной индукции.

На импровизированной сцене несколько девушек, мимо которых ходит юноша. В момент, когда юноша подходит к девушкам, одна из них хватается за сердце и протягивает к нему руку. Увидев, что юноша удостоил её вниманием, девушка опускает руку и отворачивается. Другая девушка, которая

стоит в стороне, пронесит магнит над катушкой с гальванометром. Девушка время от времени останавливает магнит. Юноша, не получив ответа у одной девушки, подходит к другой. Далее диалог:

Юноша: Чем вы занимаетесь?

Девушка: Я моделирую ваши действия. Когда я пронесу магнит над катушкой, в ней возникает ток. Чем быстрее несу, тем сильнее ток. Но стоит мне магнит остановить – ток тут же пропадает. Точно так же, как у вас с этими девушками.

Юноша: Почему катушка и эти девушки так себя ведут?

Девушка: Здесь всё просто: катушка реагирует не на любое магнитное поле, а только на переменное поле. Если точнее, то в ней возникает ток, когда меняется пронизывающий её магнитный поток. Это явление называется электромагнитной индукцией. Я могу изменять магнитный поток разными вариантами, например, вдвигать и выдвигать магнит, ставить на катушку другую, присоединенную к источнику тока, тем самым включать и выключать ток. Эффект схож с тем, что получилось у вас с девушками.

Юноша: Понимаю. Надо полагать, эти девушки также реагируют только на переменное поле и боятся постоянства. Какая мудрая эта наука – физика!

Девушка: Если хотите понять глубже, что такое любовь...

Юноша: Если не хотите ошибаться в жизни ...

Оба: Пользуйтесь явлением электромагнитной индукции!

Веселая обстановка способствует усвоению материала в игровой форме и проявлению личностных качеств. Жюри выбирает победителей и подводит итог.

2.3 Самостоятельная работа при изучении темы « Электромагнитная индукция »

Самостоятельная работа учеников – это задания, выполняемые учащимися под контролем преподавателя, но без фактического его участия в ней.

Роль самостоятельной работы:

- приобретение большого объема новой информации;

- самообразование;
- развитие новых личностных качеств.

Таблица 1 – Самостоятельная работа учеников



Разновидности самостоятельной работы [26]:

По уровню познания:

- Работа по образцу;
- Вариативные задания;
- Реконструктивного задания;
- Задания творческого типа.

Внедрение самостоятельной работы в урок

Возможные варианты внедрения самостоятельной работы в учебный урок предложены по учебнику: Касьянов В. А. Физика, для 11 класса.

1. Самостоятельная работа по учебнику:

- Изучить параграф № 34 «Опыты Генри», проанализировать явление самоиндукции, руководствуясь планом о характере физического явления.
- Дать ответы на вопросы, поставленные в конце параграфа, записать их.
- Разбить текст изучаемого параграфа на части, схожие по смыслу, и дать каждой из них подзаголовки.

2. Самостоятельная работа с рисунком:

- В параграфе § 32 «Электромагнитная индукция» показано изображение появления индукционного тока при изменении контура (его площади). Перенести данный рисунок в тетрадь и провести самостоятельный анализ.

3. Самостоятельная работа с графиками:

- Изучить график на стр. 124, отметить величины, отложенные по координатным осям, охарактеризовать кривую и определить масштаб.

4. Самостоятельная работа с задачами:

- Решить задачу № 1 на стр. 119. Установить, что требуется найти, что дано по условию.
- Вспомнить необходимые для решения задачи условия, формулы; решить саму задачу.
- Составить свою задачу, аналогичную предложенной задаче.

5. Новаторские виды самостоятельной работы:

- Мозаика слов. Записанное на листочке правило Ленца разбивается на отдельные слова. Ученикам предлагается собрать определение правила воедино.

- Завершение фраз на основе текста учебника.
- Творческое задание – составление короткого рассказа по какой-либо фразе из учебника.
- Проведение игровых конкурсов.
- Составление кратких стихотворений на основе определений рассматриваемого параграфа.

Особый тип работ – лабораторные работы [14]. Данные работы отчасти носят исследовательский характер, способствуют развитию самостоятельности и наблюдательности, позволяют сформировать практический опыт обращения с оборудованием. Лабораторные работы основываются не только на знаниях, но и способствуют логическому мышлению, требуют от учеников умения объяснять наблюдаемые явления, используя различные физические законы и правила, опираться на опорные таблицы. Другими словами, данный тип работы позволяет преподавателю вскрыть всю глубину знаний ученика и научить применять их на практике.

В процессе лабораторных работ ученики лично убеждаются в объективности и правдивости законов физики.

Перед началом любой работы важно проинформировать учеников о задачах, которые им предстоит решить, поэтапно распределить время на выполнение работы.

Первый этап – это быстрое итоговое повторение ранее изученного материала с использованием раздаточного материала. Это важно для теоретической подготовки учеников к самостоятельным исследованиям.

После проведения данной подготовки, ученики переходят к следующему этапу, а именно – самостоятельному решению лабораторных задач (качественных и расчетных). Все обучающиеся школьники получают инструкцию с заданиями. Перед учениками ставится задача: максимально быстро завершить эксперимент, снять все показания приборов и объяснить, наглядно показать, свои результаты вычислений.

Возможная инструкция выглядит следующим образом:

Самостоятельная работа: «Проведение исследования явления электромагнитной индукции».

Цель работы: убедиться в закономерности и правдивости явления электромагнитной индукции, а также установить причинно-следственные связи данного явления.

Оборудование: виток медной проволоки с пластмассовым каркасом, два подковообразных магнита, измерители напряжения, источник тока, провода, а также трансформаторные катушки с разным числом витков и метроном.

Задание 1. Требуется собрать замкнутый контур, используя виток медной проволоки, миллиамперметр и соединительные провода. Включить метроном, который отсчитывает следующие промежутки времени: $\Delta t = 1$ с или 0,5 с.

Задание с подковообразным магнитом: под удары метронома нужно равномерно вносить магнит (полюс – север) в катушку, зафиксировать показания миллиамперметра (отклонение стрелки). Через определенный интервал времени аналогично равномерно вынести магнит из катушки. Вновь зафиксировать показания прибора.

Спросить у учеников объяснение наблюдаемого явления. Отметить сходства и различия в этих наблюдениях.

Возможный ответ: в обоих опытах мы наблюдаем возникновение индукционного тока в замкнутом контуре при изменении внешнего магнитного потока, пронизывающего этот контур.

Логическая структура выглядит так:

$$\begin{array}{ccccc} \square \Delta & \rightarrow & \varepsilon_i & \rightarrow & I_i \\ & & \downarrow & & \downarrow \\ & & \varepsilon_i = -\frac{\Delta}{\Delta t} & \rightarrow & I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} \end{array}$$

Величины токов I_1 и I_2 равны ввиду того, что скорости изменения магнитного потока и ЭДС индукции совпадают, сопротивление контура R также одинаково. Разница в направлении индукционного тока, образованная в ре-

зультате изменения магнитного потока: Φ_{\uparrow} – в первом случае, и Φ_{\downarrow} – во втором. В этом явлении проявляется правило Ленца.

Приводят следующую логическую последовательность:

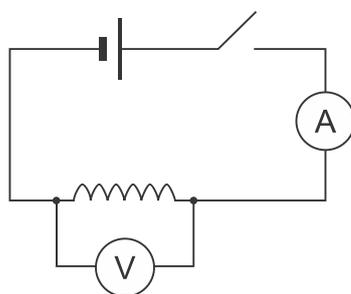
$$\sim \Delta \Phi_{\text{внеш в конт}} \rightarrow \varepsilon_i \text{ в конт} \rightarrow I_i \text{ в конт} \rightarrow \Phi_i$$

↑
противодействует всегда

и устанавливают направление индукционного тока в одном случае.

Задание 2.

1) Рассчитать заряд, протекающий в проводящем контуре:



за время Δt при силе индукционного тока I_i , заимствованных из задания 1:

$$q = I_i t$$

2) Рассчитать значение ε_i , возникающей в данном проводящем контуре по закону Ома: $\varepsilon_i = I_i R_{\text{контур}}$.

Для установления сопротивления $R_{\text{контур}}$ нужно собрать последовательную цепь из розданных материалов. Подключить вольтметр к проводящему контуру. Зафиксировать показания амперметра и вольтметра, установить значение $R_{\text{контур}} = U/I$.

Задание 3. Следующим заданием будет повторение данного опыта, но с использованием стационарного магнитного поля (неподвижный магнит). На данный магнит за то же время Δt нужно надеть катушку. Что покажет миллиамперметр в этот раз? Есть ли сходство наблюдений в задании 1 и задании 3? В чем их различие?

Можно дать подсказку и посоветовать ученикам, сравнить природу ЭДС индукции в двух проведенных опытах.

Возможный ответ: индукционный ток не изменился, однако в задании № 1 $\varepsilon_i = \frac{A}{q}$, а в задании № 3 $\varepsilon_i = \frac{A}{q}$.

Задание 4. Изменить отрезки времени метронома в большую или меньшую сторону. Что изменилось в задании № 1? Разъясните.

Возможный ответ: если $\Delta t \uparrow$, то $\frac{\Delta}{\Delta t} \downarrow$, следовательно: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta}{\Delta t} \downarrow$, таким образом $I_i \downarrow$.

Задание 5. Зафиксировать изменение индукционного тока, с учетом условий задания № 4, однако изменить число витков в проводящем контуре.

Подвести итог выполнения работы. В итоговом отчете ученики анализируют результаты и отвечают на вопрос, в чем они убедились, выполняя данную работу.

2.4 Сравнительный анализ основных вопросов темы по учебникам разных авторов

Таблица 2 – Структура элементов знаний

Компонент структуры элементов знаний	В.А. Касьянов Физика 11 кл.	А.А. Пинский Физика 10 кл.	А.А. Дятлов, Б.М. Яворский Общий курс физики 2
Физические величины	ЭДС индукции, Коэффициент трансформации, время релаксации, индуктивность	ЭДС индукции, индуктивность, плотность энергии магнитного поля, плотность энергии электромагнитного поля, ЭДС самоиндукции, энергия магнитного поля	Магнитная индукция, динамическая индуктивность контура, статическая индуктивность контура, ЭДС самоиндукции, полный магнитный

		катушки с током	поток, потокосцепление контура, сила Лоренца. Разность потенциалов, полная ЭДС индукция, коэффициент трансформации, энергия магнитного поля электрического тока, собственная энергия, взаимная энергия токов.
Физические явления	Самоиндукция, Электромагнитная индукция	Индукционный ток, самоиндукция, электромагнитная индукция, индукционный ток в сплошных проводниках,	Индукционный ток, электромагнитная индукция, самоиндукция, взаимная индукция, токи Фуко
Свойства тел, Объектов и явлений	Возникновение электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность ограниченную	Взаимодействие электрических зарядов, возникновение электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции	Скин-эффект, возникновение электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность

	этим контуром	через поверхность ограниченную этим контуром	ограниченную этим контуром
Структурные формы материи	Магнитное поле	Индукционное электрическое по- ле, электромаг- нитное поле	Переменное маг- нитное поле, Ин- дукционное элек- трическое поле, вихревое поле
Законы и зако- номерности	Закон Фарадея- Максвелла Правило Ленца	Закон электромаг- нитной индукции Правило Ленца	Закон Ленца, ос- новной закон электромагнитной индукции
Модели	Модель транс- форматора	Модель электри- ческого генератора постоянного тока	Модель транс- форматора
Методы познания	Теоретический, эмпирический,	Наблюдение, экс- перимент, анализ, синтез, обобщение	Теоретический, эмпирический,
Приборы, механизмы, установки.	Генератор, транс- форматор, катуш- ка индуктивности, магнит, детекто- ры.	Прибор для де- монстрации опыта Ленца, катушки индуктивности, источник тока, гальванометр, магнит, микрофон, громкоговоритель, электрический ге- нератор постоян- ного тока, машина	Трансформатор, катушка индук- тивности, магнит, флюксметр (при- бор для измере- ния магнитной индукции), бал- листический гальванометр, ли- нейный контур

2.4.1 Методика формирования правила Ленца

В 1831 г. Фарадей исследовал все ключевые стороны электромагнитной индукции и установил некоторые правила для определения направления индукционного тока в отдельных случаях, однако общее правило ему составить не удалось. Данное правило было сформулировано позднее академиком Э. Х. Ленцем из Петербурга, поэтому оно носит его имя – «Правило Ленца». Произошло это в 1834 году.

1. Прежде чем начать изучать данную тему, стоит повторить ранее известное ученикам. В частности, информацию из раздела физики 7 класса, посвящённого качественным опытам по получению индукционного тока в катушке, а также в проводнике, движущемся в магнитном поле.

2. Далее следует поставить задачу нахождения правила, определяющего направление индукционного тока. Для этого потребуется проведение вводного опыта. Сворачивают несколько витков от провода длиной приблизительно 2 метра, концы этих витков присоединяют к демонстрационному гальванометру. Далее в данную цепь через дополнительное сопротивление включают источник постоянного тока и определяют, в какую сторону отклоняется стрелка в зависимости от направления тока.

3. Далее проводится анализ основного эксперимента. В виток вставляют магнит и по отклонению стрелки гальванометра устанавливают направление индукционного тока в этом витке. Акцентируем внимание на факт того, что магнитный поток, пронизывающий контур витка, изменялся, и предлагаем ученикам связать изменение этого потока с направлением индукционного тока.

4. Правило Ленца есть следствие закона сохранения энергии, поэтому может быть получено путем следующих рассуждений.

Поднятый на высоту h над витком магнит обладает потенциальной энергией $W = mgh$. Если нет индукционных токов, то $mgh = \frac{mv^2}{2}$, где v – скорость

магнита на уровне витка. Потенциальная энергия полностью преобразуется в кинетическую. Если же виток замкнут, то в нем возникает индукционный ток и часть механической энергии перейдет в энергию электрическую. Скорость падения магнита должна уменьшиться. Таким образом, магнит должен отталкиваться витком и на стороне витка, обращенной к магниту, возникает одноименный полюс. В итоге, мы и приходим к ранее рассмотренному правилу Ленца.

2.4.2 Методика изучения закона электромагнитной индукции

Интересуемся у учеников, связь между какими величинами или явлениями выражает закон электромагнитной индукции?

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея – Максвелла) определяет связь между ЭДС электромагнитной индукции и изменением магнитного потока.

Формулировка закона:

ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

Спрашиваем у учеников эту формулировку.

Математическое выражение закона:

$$\varepsilon_i = -\Phi'$$

Спрашиваем у учащихся, какие опыты подтверждают справедливость закона электромагнитной индукции.

Справедливость закона подтверждают опыт Фарадея с постоянным магнитом и опыт Фарадея с катушками.

Интересуемся у учащихся, какие примеры использования закона электромагнитной индукции на практике они знают.

Например, трансформатор, запись и воспроизведение информации с помощью магнитной ленты, генератор и т. д.

К экспериментальной основе электродинамики можно отнести эмпирические законы Ампера, Кулона и электромагнитной индукции [19].

Основание

Проявление и действие электромагнитного поля, основные понятия и величины.



Ядро

Четыре качественных положения о связи поля и зарядов (Система уравнений Максвелла – Лоренца).



Следствия

Электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, магнитные свойства вещества, излучение электромагнитного поля.

2.4.3 Самостоятельная работа при изучении темы « Электромагнитная индукция»

Таблица 3 – Формирование понятий

Понятие	Научное содержание понятия	Содержание и объем понятий в базовой школе	Содержание и объем понятий в средней школе
Электромагнитная индукция	Возникновение электродвижущей силы в проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле или движущемся в по-	Дается определение электромагнитной индукции. (При всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом про-	Электромагнитная индукция – физическое явление, заключающееся в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром. Дается формулировка закона электромаг-

	стоянном магнитном поле.	воднике возникает электрический ток, существующий в процессе всего изменения магнитного потока.	нитной индукции (ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.), Рассматривается использование электромагнитной индукции в технике.
Самоиндукция	Возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока.	–	Возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока.

2.4 Значение темы «Электромагнитная индукция»

Значение и роль темы сложно недооценить. В данном разделе изучаются основные факты и опыты по электромагнитной индукции, установленные Фарадеем, а также закон электромагнитной индукции.

Закон электромагнитной индукции – базовый и важнейший фундаментальный закон физики, которым объясняются многочисленные явления в природе, как живой, так и неживой. Закон лежит в основе многих разделов современной электро- и радиотехники и их практических приложений с применением.

Электромагнитная индукция – основное в медицине, энергетике, различной промышленности, электронике. Данное явление находит применение почти во всех областях нашей жизни в том или ином виде. Мы даже не замечаем этого.

Значение темы «Электромагнитная индукция» решает ряд задач в образовательной сфере. В частности:

Образовательные задачи [4]:

- Формирование основных понятий касательно явления электромагнитной индукции, самоиндукции (требуется ознакомить учеников с законом электромагнитной индукции, а также рассмотреть области, где находит применение данное явление).

Воспитательные задачи:

- Расширение познания мира.
- Практическое установление связи эксперимента с теорией.
- Установление причинно-следственной связи между явлениями (индукции, самоиндукции).
- Формирование политехнического воспитания, в частности, изучение приборов (трансформатор, генератор переменного тока, простейший детектор и другие устройства, имеющие широкое применение, как в технике, так и в быту).
- Формирование практических навыков и умений.
- Повышение экологической культуры (например, понимание важности экологически чистых источников энергии).

Развивающие задачи:

- Развитие логики и мышления.
- Формирование и развитие методов познания физики, в частности, таких как сравнение (сравнение явления электромагнитной индукции и самоиндукции), синтез, моделирование (на основе создания моделей детектора, генератора) и анализ.

- Совершенствование творческих способностей учеников.
- Формирование интереса и познавательного кругозора.

Особенности темы: «Электромагнитная индукция».

Ключевые особенности при изучении данной темы базируются на основе сравнительно-сопоставительной характеристики изучения темы «Электромагнитная индукция» в различных учебниках физики. В частности:

Таблица 4 – Особенности темы

Касьянов В.А. Физика 11 класс	Пинский А.А. Физика 10 класс
Данная тема представляет собой часть темы «Электромагнетизм» и включает в себя 5 параграфов.	«Электромагнитная индукция» включает в себя одну главу, которая состоит из 6 параграфов.
Наличие демонстраций	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Электромагнитная индукция. 2. Правило Ленца. 3. Зависимость ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока. 4. Самоиндукция. 5. Зависимость ЭДС самоиндукции от скорости изменения силы тока в цепи и от индуктивности проводника. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электромагнитная индукция. 2. Правило Ленца. 3. Зависимость ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока. 4. Самоиндукция. 5. Зависимость ЭДС самоиндукции от скорости изменения силы тока в цепи и от индуктивности проводника. 6. Демонстрация записи и воспроизведения звука.
Наличие лабораторных работ	
–	Измерение явления электромагнитной индукции.
Наличие упражнений	
○ После каждого параграфа учени-	○ После каждого параграфа пред-

<p>кам предлагаются вопросы, на которые необходимо дать ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ После изучения темы предлагаются количественные задачи по данной теме. ○ После каждой темы конспектируются основные положения. 	<p>лагаются вопросы, на которые необходимо дать ответ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ После каждого параграфа анализируются примеры решения задач, после которых идут самостоятельные задачи.
<p>Последовательность изучения материала</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Электромагнитная индукция. 2. Способы индуцирования тока. 3. Опыты Генри. 4. Использование электромагнитной индукции. 5. Генерирование переменного электрического тока. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закон электромагнитной индукции. 2. Правило Ленца. 3. Самоиндукция. 4. Энергия электромагнитного поля. 5. Электрический генератор постоянного тока. 6. Магнитная запись информации.
<p>Наличие иллюстративного материала</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Отображения возникновения явления индукции. <ul style="list-style-type: none"> а) изменение площади б) при подключении тока в наружной катушке в) при вдвигании внутренней катушки в наружной г) при вдвигании в неё магнита; д) токи Фуко. <p style="text-align: center;"><i>Схемы</i></p> <p>(схема постоянного тока в L-R цепи; схема индукционного тока; <i>графики</i> ЭДС индукции в рамке как функция</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отображения опыта с магнитом и катушкой (опыт Фарадея); иллюстрация движения электронов и рамки в магнитном поле; правило Ленца; индукционный ток в сплошных проводниках. Запись и считывание информации с носителей. <p style="text-align: center;"><i>Схемы</i></p> <p>(схема, показывающая явление самоиндукции; схема микрофона).</p>

времени; индукционные токи).	
Модели	
Модель трансформатора, модель генератора переменного тока.	Модель трансформатора, модель генератора переменного тока, модель микрофона
Материал культурологической направленности	
–	Доклад об учёных.
Материал политехнической направленности	
Явление электромагнитной индукции находит применение почти во всех областях науки, находит отражение в технике.	Явление электромагнитной индукции находит применение и с пользой используется в энергетике, химии.
Материал экологической направленности	
–	Экологически чистые источники энергии, такие как (гидротурбина, электродвигатель).

« ».

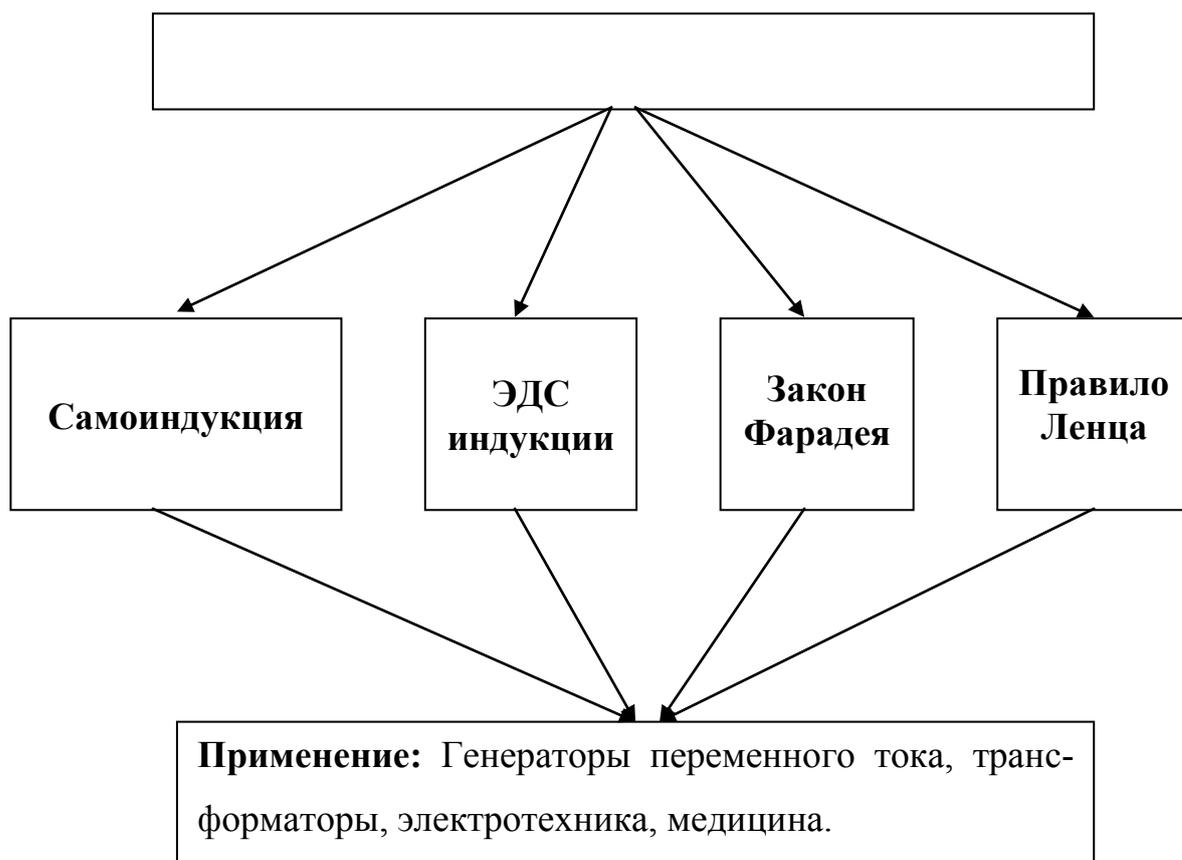
1. Изучение темы «Электромагнитная индукция», которая является подтемой другого раздела – «Электромагнетизм», происходит в школе профильного уровня. Однако с самим понятием электромагнитной индукции ученики знакомятся в базовом курсе физики, поэтому при изучении нового материала преподавателям необходимо добиться более осмысленного и глубокого его освоения.
2. Знания, полученные ранее – необходимый базис и опора при повышении качества усвоения новой информации.
3. Для упрощения усвоения новой информации рекомендуется использовать наглядные иллюстрационные средства.

2.5 Методика включения компьютерного эксперимента в урок

1. При изучении нового материала на уроках физики, ученикам можно:
 - Показать моделирование и иллюстрирование процесса электромагнитной индукции.
 - Ознакомить учеников с устройством трансформатора.
 - Проанализировать движение рамки с током в магнитном поле.

Для упрощения восприятия информации можно воспользоваться проектором и с его помощью вывести данные иллюстрации на экран. Далее следует предложить ученикам следующие задания: изобразить основные части трансформатора, перенести иллюстрацию движения рамки с током в тетрадь по физике [15].
 2. На занятиях, целью которых будет повторение изученного материала, ученикам следует предложить:
 - Показ фрагмента видеоролика, демонстрирующего явление индукции, без звукового сопровождения. Далее ученикам можно предложить попытаться объяснить данное явление.
 - Проведение исследования интерактивной модели, например, установление тока в цепи с индуктивностью, построение графика зависимости.
 - Продемонстрировать и вывести на экран перед учащимися фотографии учёных, затем рассказать об ученых, изображенных на фотографии, привести краткую биографию.
 3. Также на уроках обобщения и систематизации, для контроля знаний учеников, можно использовать заранее подготовленные задачи и тесты.
- Ниже представлена логическая структура изучаемой темы.

Таблица 5 – Логическая структура темы «Электромагнитная индукция»



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раздел физики, посвященный изучению электромагнитной индукции – ключевой в курсе обучения данному предмету. Важность темы сложно переоценить, учитывая основополагающую роль индукции в нашем сложном мире. По этой причине изучению темы «Электромагнитная индукция» важно уделить особое внимание, применяя современные методы обучения, такие как игры и соревновательные конкурсы, сохраняющие актуальность и в старших классах школы.

Новые методики, разработанные молодыми педагогами, как ни что другое, позволяют усилить восприятие обучающимися новой информации. Данные методики базируются на проверенном материале прошлых лет – на основе заданий таких учебников, как Касьянов В.А. Физика 11 класс, Пинский А.А. Физика 10 класс и др.

Ключевым моментом в обучении является активное взаимодействие учителя с учениками и постоянный диалог. Использование современных средств телекоммуникации и наглядного раздаточного материала существенно повышают усвояемость новой информации. Также важен творческий подход в обучении, стимулирующий развитие личностных качеств учеников и способствующий раскрытию потенциала.

Внеклассная работа – еще один незаменимый компонент качественного современного образования. Организация тренингов, мозговых штурмов и дополнительные задания не только значительно повышают обучаемость учеников, но и позволяют сплотить коллектив, привить интерес к физике, как к предмету.

Последним и одним из самых важных элементов современных методик является организация практических занятий, проведение лабораторных работ и опытов. Ведь, как известно, теория невозможна без практики. Наглядные опыты, часть из которых можно организовать в соревновательном ключе, дадут ощутимый эффект и повысят успеваемость обучающихся.

В данной дипломной работе проведен детальный анализ темы «Электромагнитная индукция» на примере образовательного процесса в современной школе, а также рассмотрены конкретные методики обучения учеников физике в старших классах. Цели и задачи, сформулированные в начале работы, выполнены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Актуальные проблемы нейропсихологии детского возраста: Учебное пособие / Под ред Л.С.Цветковой. – М., 2011.
2. Анцибор М.М. Современные формы и методы обучения. – Тула, 2011.
3. Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. – М., 2001.
4. Богданов И.В. и др. Психология и педагогика. – СПб.: Изд. СПб ГУЭФ, Изд-во «Питер», 2010.
5. Большой энциклопедический словарь. Физика/ под ред. М. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 944 с.
6. Брушменский А.В. Психология мышления и проблемное обучение. – М., 2003.
7. Глазунов И.И., Нурминский, А.А. Пинский. «Методика преподавания физики в средней школе», «Просвещение» 1989 г.
8. Гузеев В.В. Образовательная технология – М., 2003
9. Деннисон П., Деннисон Г. Гимнастика ума. – М., “Восхождение”, 2007.
10. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 718 с.
11. Зимановская А.А. Проведение лабораторных и практических работ на уроках физики. Журнал: Вестник № 3 – 2013.
12. Иродов И.Е.: Электромагнетизм. Основные законы. – 5-е издание –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 – 319 с.: ил.
13. Каменецкий С.Е., Пустильник И.Г. «Электродинамика в курсе средней школы», «Просвещение» 1977 г.
14. Касьянов В.А. Физика 11. – М.: Дрофа, 2002.
15. Компакт диск «1с: репетитор. Физика 1,5»
16. Кукушин В.С. Педагогические технологии. Ростов – на – Дону. 2002.
17. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики: В 10 т.: т. 3: Электростатика. – М.: Физматлит. 2002. – 224 с.

18. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения, М., 2004.
19. Лизинский В.М. Приемы и формы в учебной деятельности. М., 2004.
20. «Методика преподавания физики в средней школе» под редакцией С.Я. Шамаша, «Просвещение» 1987 г.
21. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы / Под ред. В.П. Орехова, А.В. Усовой. – М.: Просвещение, 1980.
22. Методика факультативных занятий по физике: Пособие для учителей / под ред. О.Ф. Кабардина, В.А. Орлова. – М.: Просвещение, 1988.
23. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика. Электродинамика. – М.: 2010.
24. Панфилова А. П. Мозговые штурмы в коллективном принятии решений, – СПб.: Питер, 2015.
25. Панфилова А.П. Игротехнический менеджмент. Интерактивные технологии для обучения и организационного развития персонала. М.: Знание, 2014.
26. Плигин А.А. Развитие познавательных процессов в различных образовательных технологиях. – М.: Генжер, 2014.
27. Практика группового тренинга. СПб.: Питер, 2013.
28. Программно-методические материалы. Физика 7–11 классы/ В.А. Корвин, Ю.И. Дик. – М.: Дрофа, 1999.
29. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3–х тт. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 7–е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – 496 с.
30. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов. В 5 т. Т III Электричество. – 3-е изд., стер. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 656 с.
31. Смирнов С.А. Педагогика. Теории, системы, технологии. –М., 2006.
32. Теория и методика обучения физике в школе / под ред. С.Е. Каменецкого и Н.С. Пурышевой. – М.: Академия, 2000.
33. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – Изд. 9-е, перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 560 с.

34. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. Физика ч. 2. Электричество и магнетизм: Учебное пособие для технических университетов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2003. – 738 с.
35. Фейнман Ричард Ф., Лейтон Роберт Б., Сэндс Метью. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5. Электричество и магнетизм. Пер. с англ./ под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 3-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 304 с.
36. Физика 10 кл. /А.А. Пинский. – М.: Просвещение, 1993.
37. Физика 9 кл.: / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. – М.: Дрофа, 2002.
38. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе / под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещение, 1970.
39. Шлаков С.А. Игры учащихся. –М., 2004.
40. Яковлев И.М. Методика и техника урока. –М., 2003.