

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ GETACCLASS

Шимко Елена Анатольевна,

доцент кафедры общей и экспериментальной физики Алтайского государственного университета, кандидат педагогических наук, г. Барнаул, eashimko65@gmail.com

Утемесов Равиль Муратович,

доцент кафедры общей и экспериментальной физики Алтайского государственного университета, кандидат технических наук, г. Барнаул, urm214@mail.ru

Соломатин Константин Васильевич,

доцент кафедры общей и экспериментальной физики Алтайского государственного университета, кандидат физико-математических наук, г. Барнаул, solomatin@phys.asu.ru

Кагазбаев Игорь Аскарович,

учитель физики средней школы № 17 им. М. Ауэзова, г. Усть-Каменогорск (Казахстан), igorkagazbaev@mail.ru

В СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ GETACCLASS. РАССМАТРИВАЮТСЯ ДИДАКТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВИДЕОРОЛИКОВ РЕСУРСА GETACCLASS И РЕЗУЛЬТАТЫ РАНЖИРОВАНИЯ ЗНАЧИМОСТИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВИДЕОРОЛИКА ДЛЯ РАЗНЫХ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.

• методы научного познания • естественнонаучная грамотность обучающихся • методологические знания и умения • цифровая лаборатория GetAClass • дидактическая структура видеоролика

Методологические знания и умения играют большую роль в процессе формирования естественнонаучной грамотности обучающихся, которую характеризуют комплекс знаний в области науки и естественнонаучных дисциплин, а также умение использовать полученные знания для приобретения нового знания и объяснения природных явлений. Общеизвестно, что система предметных и методологических знаний формируется в основном в ходе школьного обучения. Усваивая знания по различным учебным дисциплинам, в том числе по физике, ученик овладевает методами познания, направленными на решение различных познавательных задач.

В современном кабинете физики базой для формирования методологических знаний и умений, по мнению М. Ю. Демидовой, становятся цифровые лаборатории: «Цифровые технологии в практических работах (цифровые датчики для регистрации физи-

ческих величин и использование смартфонов или планшетов для расчётов и оформления результатов опытов) не только существенно повышают их привлекательность для современного старшеклассника, но и позволяют перейти на новый качественный уровень проведения измерений. Использование цифровых лабораторий позволяет упростить процесс измерений, повысить их точность и во многих случаях сделать школьный физический эксперимент количественным, а именно перевести многие опыты по наблюдению явлений в количественные эксперименты с автоматическим построением графиков исследуемых зависимостей» [1, с. 24].

К сожалению, в Алтайском крае, как и в других регионах, катастрофически не хватает реального оборудования для исследования особенностей физических явлений, в том числе и цифровых лабораторий. ОГЭ по физике в 2022 году ещё раз подтвердил

этот печальный факт. Учителя физики в некоторых пунктах проведения экзамена по физике при подготовке оборудования для экспериментального задания 17 КИМ ОГЭ сами выпиливали цилиндры из разных материалов, накручивали из проволоки резисторы... Но, увы, цифровые датчики в гараже не сделаешь.

В процессе изучения физики в настоящее время актуальны цифровые лаборатории, позволяющие осуществлять:

1) **автоматическое построение графиков исследуемых зависимостей**, с помощью которых можно, например, с высокой точностью:

- измерить мгновенную скорость тела, движущегося неравномерно;
- исследовать изменение температуры с течением времени в процессе установления теплового равновесия;
- наблюдать в динамике процесс зарядки и разрядки конденсатора, возникновение и изменение индукционного тока и др.;

2) **формирование дополнительных умений по работе с датчиками**:

- понимание основных принципов их действия;
- определение погрешностей измерений с использованием приёмов, существенно отличающихся от приёмов работы с аналоговыми приборами;
- интерпретации графических или цифровых данных программы измерения;

3) **формирование дополнительных цифровых компетенций**:

- работа со специализированными программами;
- понимание работы программы аппроксимации графических зависимостей и т. д.

Рассматривая цифровые инструменты и сервисы в работе педагога С. В. Панюкова приходим к выводу, что популярные каналы YouTube становятся источниками качественного образовательного видеоконтента для обучения [2, с. 28]. Этот контент полезен как отстающим ученикам, так и одарённым детям. Видео можно использовать на уроках, в смешанном или дистанционном обучении.

Примеры применения цифровой образовательной лаборатории представлены на плат-

форме GetAClass, которая включает в себя видеоролики (5–10 мин), направленные на изучение физических явлений, законов и закономерностей: <https://www.youtube.com/channel/UCSiMRgysUoHBUcbKnhJMISA>

Данный ресурс несколько лет используется авторами в дистанционном обучении учеников 10–11-х классов в курсе «Экспериментальная физика» на открытом образовательном портале Алтайского государственного университета: <https://public.edu.asu.ru/course/view.php?id=363>

С каждым годом число учеников, записавшихся на курс, растёт, так как в крае (и в городах, и тем более в сёлах) осталось мало учителей физики, которые могут организовать углублённое изучение предмета. Количество опытных педагогов ежегодно уменьшается в связи с уходом на заслуженный отдых, что приводит к увеличению числа совместителей.

В случае отсутствия реального оборудования не только преподаватель университета, но и любой учитель может организовать познавательную деятельность обучающихся при изучении физики с помощью цифровой лаборатории GetAClass. Главное условие — выбор видеороликов, позволяющих применять циклический процесс познания, общепринятый в научном мире: *опытные факты* → *модель-гипотеза* → *следствия* → *эксперимент*.

Рассмотрим последовательность действий учителя и обучающихся в соответствии с циклом научного познания (рис. 1) на примере видеоролика «Зарядка конденсатора» на сайте GetAClass — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=l24dhT-jzxM>

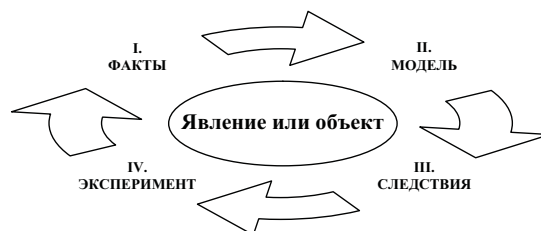


Рис. 1. Цикл научного познания

I этап. Изучение и анализ специально отобранных *фактов*, сопоставление их с ранее изученными: наблюдения, эксперименты,

подводящие обучающихся к новому понятию, закону. При демонстрации эксперимента устанавливаются опытные факты, которые способствуют возникновению мотивации понять природу наблюдаемых явлений. Обычно этот процесс начинается с выбора группы сходных опытных фактов, которые могут стать основополагающими для рождения научной гипотезы.

II этап. Абстрагирование — отвлечение от конкретных явлений и формулировка обобщения с использованием той или иной модельной его формы: понятия о величине или уравнении, постулата или системы постулатов. Далее выдвигается гипотеза, обладающая эвристическим свойством: она должна предвидеть другие факты, которые не были известны при обобщении (речь идёт о получении следствий). Гипотеза не просто регистрирует, суммирует и обобщает известные факты, но и даёт им объяснение, в силу чего её содержание значительно полнее и глубже тех данных, на которые она опирается.

III этап. Получение и обсуждение конкретных выводов и следствий из главной закономерности — абстрактной формулы, закона, принципа с помощью методов логических рассуждений и математических выводов. Справедливость предсказанных следствий проверяется *экспериментом*. Если теоретические следствия из исходной модели экспериментально подтверждаются, значит, абстрактная модель, положенная в основу теории, верно отражает свойства изучаемых физических явлений. В случае отрицательного эксперимента для объяснения следствий требуется выдвижение новых гипотез или новой модели.

IV этап. Применение полученных знаний к конкретным физическим объектам и яв-

лениям — объяснение явлений природы, промышленных и производственных процессов, решение разного рода задач, иллюстрирующих выводы из физического закона и т. д.

Обучающий видеоролик «Зарядка конденсатора» всего за 3,3 мин позволяет представить обучающимся:

- 1) внешний вид экспериментальной установки и её принципиальную схему (рис. 2);
- 2) графики зависимости напряжения от времени на конденсаторе ёмкостью C и активном сопротивлении R (рис. 3);
- 3) экспериментальное доказательство того факта, что время зарядки конденсатора определяется произведением его электрической ёмкости и активного сопротивления цепи, через которое происходит зарядка.

На *этапе I* построение графиков зависимости напряжения на резисторе и конденсаторе от времени позволяет обучающимся установить следующие опытные факты:

- напряжение на резисторе убывает от максимального значения до нуля;
- напряжение между обкладками конденсатора возрастает от нуля до максимального значения, после чего ток в цепи прекращается;
- на протяжении всего времени зарядки конденсатора общее напряжение, равное сумме напряжений на резисторе и конденсаторе, остаётся постоянным.

На *этапе II* обучающее видео наглядно показывает, как элементы электрической цепи при зарядке конденсатора идеализируются для упрощения математического описания каждого элемента электрической цепи. Кроме этого, идеализированные

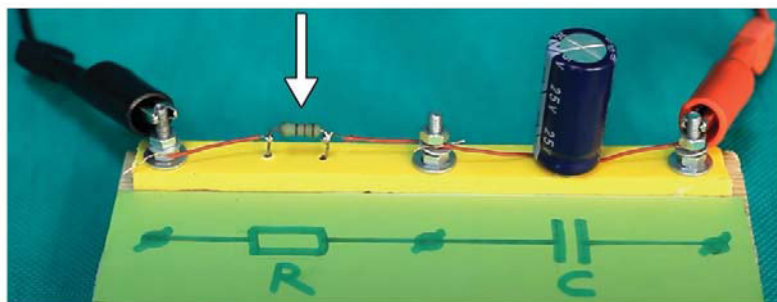
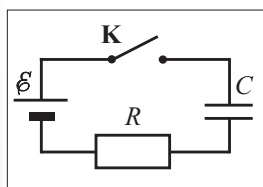


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования процесса зарядки конденсатора

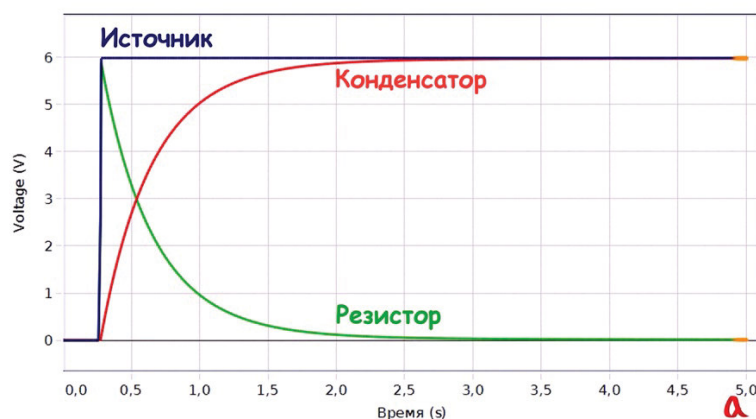


Рис. 3. Графики зависимости напряжения от времени на конденсаторе и резисторе

уравнения (формулы закона Ома для каждого участка цепи) правильно отражают основные физические явления, протекающие в том или ином реальном элементе электрической цепи.

Идеализированному элементу электрической цепи ставят в соответствие его математическую модель — схемный элемент R или C . Каждому схемному элементу соответствует условное геометрическое изображение (изображение устройства) — конденсатор, резистор, источник тока и соединительные провода (рис. 4).

На *этапе III* оценивается время зарядки конденсатора с помощью значений электрической ёмкости конденсатора C и активного сопротивления резистора R . С помощью приведённого примера обучающиеся приходят к выводу: чем больше значения электроёмкости конденсатора и сопротивления резистора, тем больше время зарядки конденсатора, и наоборот.

IV этап научного познания мира с помощью видеоролика представлен примером преобразования электрических сигналов прямо-

угольной формы в пилообразный (один из вариантов применения конденсатора в электротехнике).

Поэтапная работа с подобными видео раскрывает образовательные возможности цифровой лаборатории GetAClass при изучении физических явлений, поскольку обеспечивает:

- визуализацию результатов экспериментального исследования с помощью цифровых датчиков;
- понимание для каждой физической закономерности вида функциональной зависимости и физического смысла коэффициентов (например, заряд конденсатора прямо пропорционален напряжению между его обкладками, электроёмкость является постоянной величиной при зарядке и разрядке, так как зависит только от геометрических размеров конденсатора);
- формирование умения анализировать графики, например, графики свободного падения тела в атмосфере с учётом силы сопротивления воздуха, в то время как сейчас в сборниках задач используются графики (или табличные данные),

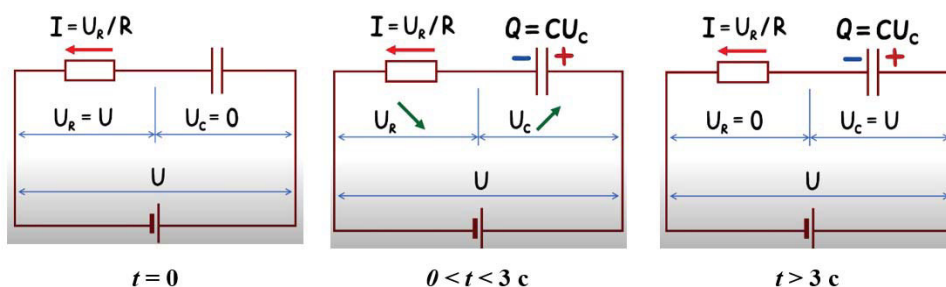


Рис. 4. Объяснение процесса зарядки конденсатора с помощью физических формул

полностью соответствующие уравнениям свободного падения без учёта силы сопротивления среды;

- понимание геометрического смысла производной функции и использование его при анализе графических зависимостей, а также определение производных при расчётах величин, например, в колебательных процессах;
- закрепление вычислительных навыков: использование кратных и дольных единиц; проведение расчётов с использованием стандартного вида числа и т. д.

На курсах повышения квалификации учителей физики в Алтайском институте развития образования имени А. М. Топорова неоднократно подробно рассматривались дидактическая структура видеороликов (рис. 5) и алгоритм их применения в учебном процессе в случае отсутствия необходимого оборудования для изучения физических явлений.

В ходе обсуждения каждого этапа познавательной деятельности с помощью видеороликов была выявлена необходимость создания обучающих материалов для тех учителей физики, которые не обладают опытом применения цикла научного познания при изучении физических явлений. Подобная работа проводится с помощью студентов четвёртого курса Института цифровых технологий, электроники и физики АлтГУ при изучении ими дисциплины «Информационные технологии в образовании». Каждый

из студентов выбирает свой пример физического явления и готовит пакет обучающих материалов (минимальный текст к видеороликам с полным перечнем применяемых URL, план урока с применением видео, презентацию урока с примерами заданий по данной теме разного уровня сложности, проверочный тест). В качестве примера рассмотрим минимальный текст к видео.

Минимальный текст к видеороликам

Название: *Электромагнитная индукция (возникновение индукционного тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур).*

URL:

- <https://www.youtube.com/watch?v=i-Odl3ktyuo>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3ZSbe3A0pDc&list=PLeOIm2kq0HcvKSC6VtwY2hjHFajEObB0i>
- https://www.youtube.com/watch?v=o-_J7oaqAkU&list=PLeOIm2kq0HcvKSC6VtwY2hjHFajEObB0i&index=2

Цели просмотра видео:

- *обучающая:* создать условия для формирования представлений обучающихся об индукционном токе и ЭДС индукции, а также причинах возникновения индукционного тока; создать условия для формирования умений объяснять явление электромагнитной индукции с помощью методов научного познания;

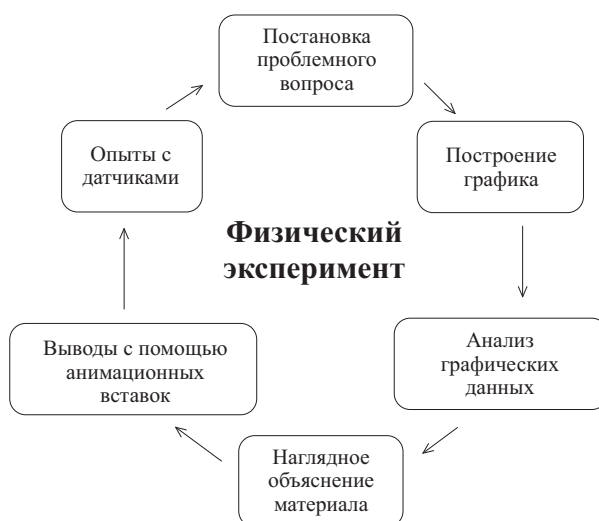


Рис. 5. Дидактическая структура видеоролика цифровой лаборатории GetAClass

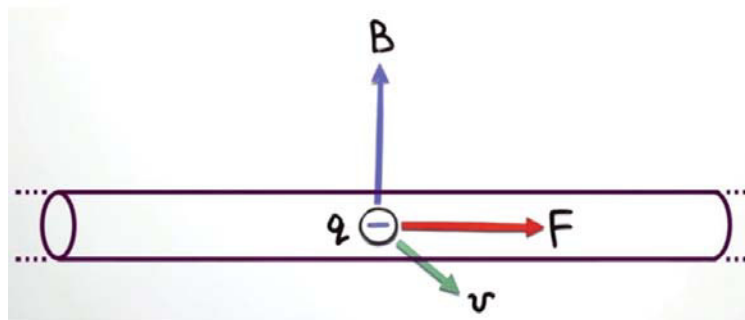


Рис. 6. При движении проводника в магнитном поле (МП) на каждый электрон в проводнике действует сила Лоренца, приводящая к возникновению индукционного тока

- **развивающая:** создать условия для развития логического мышления, пространственного воображения, памяти, наблюдательности, умения правильно обобщать данные и делать выводы, сравнивать;
- **воспитательная:** создать условия для формирования основ научного мировоззрения и умений приводить примеры практической значимости явления электромагнитной индукции.

Категории научных фактов: *вторая*, так как формулируются факты, которые невозможно экспериментально установить в повседневной жизни, но можно установить на уроке физики.

I этап. Перечисление научных фактов, которые должны установить обучающиеся при просмотре.

- Если сближаются (удаляются) магнит и замкнутый контур, то в контуре возникает индукционный (наведённый) ток, вызванный ЭДС индукции.
- Значение индукционного тока зависит

от количества витков, скорости движения катушки (магнита).

- Направление индукционного тока (знак ЭДС индукции) зависит от направления движения и полярности магнитов.

II этап. Гипотеза, объясняющая факты, установленные в ходе просмотра.

- Если проводник движется в постоянном магнитном поле, то возникновение ЭДС индукции обусловлено работой силы Лоренца.
- Если проводник покоится в переменном магнитном поле, то возникновение ЭДС индукции обусловлено работой вихревого электрического поля.

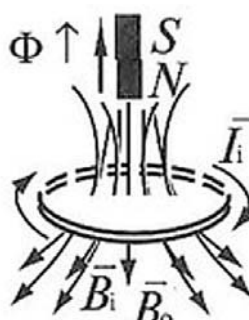
Модель явления, позволяющая объяснить факты, установленные в ходе просмотра (рис. 6, 7).

III этап. Перечень следствий, вытекающих из гипотезы и модели.

- Возникновение самоиндукции.
- Возникновение токов Фуко.



Силовые линии вихревого ЭП образуют *левый винт* с силовыми линиями МП (магнитный поток, пронизывающий контур, возрастает)



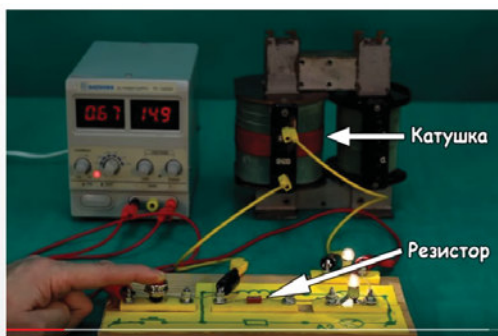
Силовые линии вихревого ЭП образуют *правый винт* с силовыми линиями МП (магнитный поток, пронизывающий контур, уменьшается)

Рис. 7. При изменении магнитного поля возникает вихревое электрическое поле, которой с силой действует на электроны проводника, создавая индукционный ток

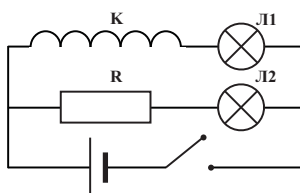
Таблица 1

Описание эксперимента для подтверждения следствий

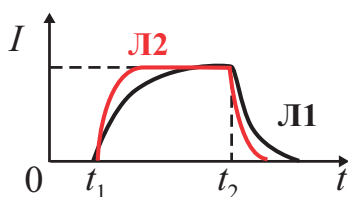
Самоиндукция — возникновение ЭДС индукции в проводнике, по которому течёт переменный ток



URL:
https://www.youtube.com/watch?v=Ji9D_xGI2l4

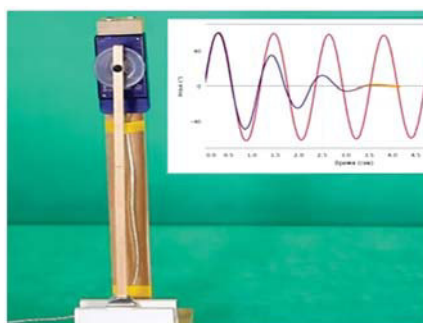


Факты: Лампочка Л1 вспыхивает позже лампочки Л2

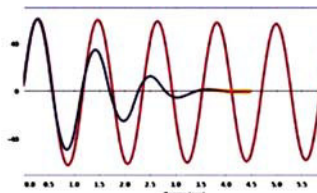


Объяснение фактов: Самоиндукция препятствует изменению силы тока. Индуктивность катушки гораздо больше индуктивности резистора, следовательно, из-за самоиндукции ток в лампочке Л1 достигает максимального значения позже, чем в лампочке Л2

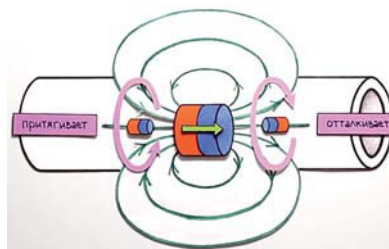
Токи Фуко — индукционные токи в массивных проводниках, помещённых в переменное магнитное поле



URL:
<https://www.youtube.com/watch?v=3m6QASho5xM>



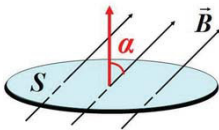
Факты: колебания маятника затухают гораздо быстрее, если магнит движется между массивными проводниками



Объяснение фактов: токи Фуко создают свои магнитные поля, которые тормозят движение постоянного магнита между массивными проводниками

Таблица 2

**Перечень физических величин, знание которых необходимо
для объяснения физического явления**

Название величины и единицы измерения	Формула	Физические величины
Сила индукционного тока, А (ампер)	$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$ (закон Ома)	R — сопротивление контура
ЭДС индукции, В (вольт)	$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'$ (закон Фарадея)	$\Delta\Phi$ — изменение магнитного потока за время Δt $\Delta\Phi/\Delta t$ — скорость изменения магнитного потока
Магнитный поток, Вб (вебер)	$\Phi = BS \cos \alpha$ 	B — индукция магнитного поля S — площадь поверхности, ограниченная контуром α — угол между вектором индукции МП и нормалью к поверхности, ограниченной контуром
ЭДС индукции в проводнике, движущемся в постоянном МП, В (вольт)	$\varepsilon_i = \frac{A_{\text{стор}}}{q} = \frac{F_{\text{стор}} \cdot l}{q}$ $F_{\text{стор}} = qvB \sin \alpha$ $\varepsilon_i = vBl \sin \alpha$	$A_{\text{стор}}$ — работа сторонней силы (силы Лоренца) l — длина проводника q — заряд, переносимый сторонней силой на расстояние l v — скорость проводника α — угол между вектором скорости проводника и вектором индукции МП
Индуктивность проводника, Гн (генри)	$L = \frac{\Phi}{I}$	I — сила тока, протекающего по проводнику Φ — магнитный поток
ЭДС самоиндукции, В (вольт)	$\varepsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -LI'$	ΔI — изменение силы тока в проводнике за время Δt $\Delta I/\Delta t$ — скорость изменения силы тока
Энергия магнитного поля катушки с током, Дж (джоуль)	$W_M = \frac{LI^2}{2}$	I — сила тока, протекающего по проводнику L — индуктивность проводника

IV этап. Практическая значимость эксперимента в видеороликах.

- Закладывает основу для понимания принципа действия генератора переменного тока и трансформатора.
- Демонстрирует необходимость учёта самоиндукции в электрических цепях при резком изменении силы тока.
- Демонстрирует пример применения токов Фуко в магнитном тормозе и индукционных печах.

В целях определения значимости структурных элементов видеоролика для разных

участников образовательного процесса было проведено ранжирование мнений среди преподавателей высших учебных заведений, учителей физики и учеников 7-х, 10–11-х классов городов Усть-Каменогорска (Казахстан) и Барнаула (Алтайский край). Предварительно предлагалось познакомиться с ресурсом GetAClass и определить значимость каждого из шести составляющих элементов дидактической структуры видеоролика при изучении физических явлений в школе: 1-е место — максимальная значимость; 6-е место — минимальная значимость. Результаты ранжирования представлены в таблицах 3–7.

Таблица 3

Результаты ранжирования значимости отдельных составляющих видеоролика цифровой лаборатории GetAClass (ученики 7-х классов)

Место (ранг)	1	2	3	4	5	6
Постановка проблемного вопроса		X				
Выводы с помощью анимационных вставок			X			
Наглядное объяснение материала	X					
Опыты с датчиками					X	
Построение графика				X		
Анализ графических данных						X

Таблица 4

Результаты ранжирования значимости отдельных составляющих видеоролика цифровой лаборатории GetAClass (ученики 10-х классов)

Место (ранг)	1	2	3	4	5	6
Постановка проблемного вопроса						X
Выводы с помощью анимационных вставок					X	
Наглядное объяснение материала	X					
Опыты с датчиками			X			
Построение графика				X		
Анализ графических данных		X				

Таблица 5

Результаты ранжирования значимости отдельных составляющих видеоролика цифровой лаборатории GetAClass (ученики 11-х классов)

Место (ранг)	1	2	3	4	5	6
Постановка проблемного вопроса			X			
Выводы с помощью анимационных вставок				X		
Наглядное объяснение материала	X					
Опыты с датчиками		X				
Построение графика						X
Анализ графических данных					X	

Таблица 6

Результаты ранжирования значимости отдельных составляющих видеоролика цифровой лаборатории GetAClass (учителя физики)

Место (ранг)	1	2	3	4	5	6
Постановка проблемного вопроса	X					
Выводы с помощью анимационных вставок			X			
Наглядное объяснение материала					X	
Опыты с датчиками		X				
Построение графика						X
Анализ графических данных				X		

Таблица 7

Результаты ранжирования значимости отдельных составляющих видеоролика цифровой лаборатории GetAClass (преподаватели вузов)

Место (ранг)	1	2	3	4	5	6
Постановка проблемного вопроса	X					
Выводы с помощью анимационных вставок						X
Наглядное объяснение материала		X				
Опыты с датчиками			X			
Построение графика					X	
Анализ графических данных				X		

Анализ результатов группового ранжирования показал, что при условиях, описанных выше, изучение физических явлений с помощью цифровой лаборатории GetAClass обеспечивает достаточно обширную и разнообразную информацию для формирования предметных и методологических знаний обучающихся. Фиксация и регистрация информации с помощью графиков и физических формул в виде анимационных заставок в видеоролике обеспечивает наглядность при изучении нового материала, что является самым важным для обучающихся. Для учителей физики и преподавателей вузов более привлекательна возможность постановки проблемного вопроса и сравнения зафиксированных данных с известными научными фактами, что позволяет более детально раскрывать свойства и особенности объекта исследования.

Таким образом, как и в случае реального физического эксперимента, так и с помощью видеороликов ресурса GetAClass обучающиеся приобретают способность выявлять научные факты при наблюдении, выдвигать гипотезы и моделировать физическое явление, чтобы объяснить наблюдаемые факты; далее — характеризовать физические величины, необходимые для описания явления и обсуждать вид функциональной зависимости между ними, физический смысл коэффициентов пропорциональности и т. д. [3].

Рассмотренные в статье примеры работы с видеороликами могут стать основой и для проектной деятельности обучающихся. Согласно современному ФГОС, каждый десятиклассник должен приступить к выполнению проектной работы, в которой проявляется его индивидуальность, поскольку он может соотнести свой выбор с многообра-

зием способов деятельности. Возможность использования смартфонов или планшетов для оформления результатов физического эксперимента повышает мотивацию к проектной деятельности и предполагает не только формирование дополнительных цифровых компетенций, но и оригинальность в решении познавательных вопросов, неординарность подходов к изучению проблемы, интенсивность умственного труда и приобретение исследовательского опыта. □

Список использованных источников:

1. Демидова М. Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года по физике. [Электронный ресурс]. 2020. URL: https://doc.fipi.ru/egge/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Fizika_mr_2020.pdf (дата обращения: 05.06.2022).
2. Панюкова С. В. Цифровые инструменты и сервисы в работе педагога. Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во «Про-Пресс», 2020. 33 с.
3. Шимко Е. А. Образовательные возможности модельного подхода к изучению физических явлений / Е. А. Шимко, Р. М. Утемесов, Д. Д. Рудер // Современное педагогическое образование. 2021. № 7. С. 11–18.

References:

1. Demidova M.Yu. Metodicheskie rekomendacii dlya uchitelej, podgotovlennye na osnove analiza tipichnyh oshibok uchastnikov EGE 2020 goda po fizike. [Elektronnyj resurs]. 2020. URL: https://doc.fipi.ru/egge/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Fizika_mr_2020.pdf (data obrashcheniya: 05.06.2022).
2. Panyukova S. V. Cifrovye instrumenty i servisy v rabote pedagoga. Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: Izd-vo «Pro-Press», 2020. 33 s.
3. Shimko E. A. Obrazovatel'nye vozmozhnosti model'nogo podhoda k izucheniyu fizicheskikh yavlenij / E. A. Shimko, R. M. Utemesov, D. D. Ruder // Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie. 2021. № 7. S. 11–18.