

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

Кафедра физики и методико-информационных технологий

Разработка учебно-методического материала по изучению
колебательных систем различных типов

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4122 группы
направления 44.03.01 «Педагогическое образование»,
профиль «Физика»
института физики

Хаитбаева Фарруха

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор



01.06.2023

Т.Г. Бурова

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор



01.06.2023

Т.Г. Бурова

Саратов 2023

Введение

Изучение колебательных процессов в школе процесс неоднозначный: с одной стороны, механические колебания достаточно доступны для понимания учащихся, с другой стороны, электромагнитные колебания, которые вызывают большие затруднения в понимании. Колебательные процессы и системы часто встречаются в природе и в технике. К ним можно отнести изменение температуры, электрического напряжения, колебание маятника, уровня воды и т.д. Это процессы во времени или в пространстве, которые постоянно возвращаются к начальному состоянию, или состоянию, близкому к начальному.

Степень распространенности подобных явлений показывает значимость изучения данной темы в школьном курсе физики, то есть подчеркивает актуальность темы работы. Также актуально описать особенности описания различных видов колебательных систем, и особенности преподавания в школе.

Становится общепризнанной мысль, что совершенствование изучения темы «Механические и электромагнитные колебания» может быть достигнуто, если привести научный уровень содержания этих тем в соответствии с современным состоянием науки физики, если будет найден рациональный порядок изложения этих тем, который позволит использовать метод аналогии, обобщение и систематизацию знаний.

Целью работы является изучение особенностей изучения колебательных систем разного типа в средней школе и разработка соответствующего учебно-методического материала.

Среди задач работы можно выделить следующие:

- анализ содержания данной темы;
- выявление общности в изучении колебательных систем разного вида;

- составление дидактического материала для изучения и закрепления темы «Механические колебания».
- составление дидактического материала для изучения и закрепления темы «Электромагнитные колебания».

Выпускная квалификационная работа содержит введение, два раздела, заключение и список использованных источников.

Краткое содержание работы

Первый раздел работы посвящен изучению теоретического материала и теории колебаний в школьном курсе физики.

Один из важнейших разделов физики – учение о колебаниях, лежащее в основе многих реальных физических процессов и играющее большую роль в физике.

Колебаниями называются процессы, отличающиеся определенной степенью повторяемости. Под это определение подходят многие явления, которые мы видим в природе и в технике. Динамические системы, в которых возможно возникновение колебаний, называются *колебательными системами*.

Такое положение, при котором система может находиться очень долго, без каких либо внешних воздействий, называется *положением равновесия*.

Амплитудой колебаний называют наибольшее по величине отклонение от положения равновесия.

Период колебаний T – время, за которое системой совершается одно полное колебание. За время периода тело перемещается на четыре амплитудные расстояния.

Частота колебаний ν – это величина, обратная периоду:

$$\nu = 1/T.$$

Частота измеряется в герцах (Гц) и определяет количество полных колебаний, произошедших за одну секунду.

При описании движения тела будем использовать одну координату x – смещение тела относительно положения равновесия, следовательно, в положении равновесия $x = 0$. С учетом основной задачи механики в определим координату тела в любой момент времени.

Математическое моделирование колебательного процесса логично осуществлять с помощью периодических функций. Среди многообразия таких функций остановимся на двух – синусе и косинусе, которые тесно связаны с широким кругом физических явлений.

Гармонические колебания – это колебания, при которых координата изменяется по гармоническому закону:

$$x = A \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

A представляет собой максимальное по модулю значением координаты (наибольшее значение модуля косинуса равно 1), т. е. представляет собой максимальное отклонением от положения равновесия, то есть является – *амплитудой колебаний*.

Аргумент косинуса $\omega t + \alpha$ является *фазой колебаний*. Величина α , равна значению фазы при $t = 0$, то есть в начальный момент времени и называется *начальной фазой* колебаний.

Величина ω представляет собой циклическую частоту. Определим её связь с основными характеристиками колебательного движения. За одно полное колебание приращение фазы составляет 2π радиан: $\omega T = 2\pi$, то есть

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

$$\omega = 2\pi\nu \quad (3)$$

Циклической частота измеряется в рад/с (радиан в секунду).

В соответствии с выражениями (2) и (3) можно записать ещё два выражения для гармонического закона колебательного движения (1):

$$x = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \alpha\right), x = A \cos(2\pi\nu t + \alpha)$$

График функции (1), показывающий зависимость координаты от времени в случае гармонических колебаний, приведён на рисунке 1.

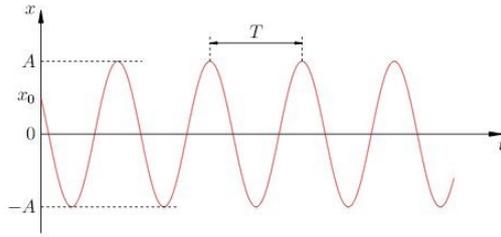


Рисунок 1 – График гармонических колебаний

Если колебательная система не отклоняется, а ей, например, ударом сообщили начальную скорость и вывели положения равновесия, тогда имеем $x_0 = 0$, так что можно положить $\alpha = -\pi/2$. Получаем закон синуса:

$$x = A \sin \omega t.$$

Если взять две производные от гармонического закона (1) по времени, получим

$$a_x = -\omega^2 x. \quad (4)$$

Такое выражение называется *уравнением гармонических колебаний*. Его можно переписать и в таком виде:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0. \quad (5)$$

Решением данного дифференциального уравнения является выражение $x = A \cos(\omega t + \alpha)$.

Приведенные соотношения и формулы справедливы как для механических, так и для электромагнитных колебаний. При их описании используются подобные законы.

Математический маятник – это материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити (рисунок 2). Математический маятник может совершать колебания в поле силы тяжести (в вертикальной плоскости).

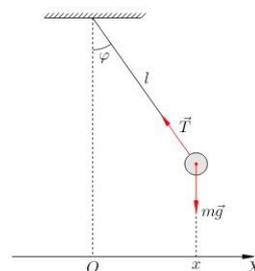


Рисунок 2 – Математический маятник

Период его колебаний вычисляется по формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (6)$$

Из формулы видно, что период не зависит от массы груза, так как этот параметр в нее не входит.

Пружинный маятник – груз, закреплённый на пружине, способный совершать колебательные движения.

Определим формулу для периода малых горизонтальных колебаний пружинного маятника (рисунок 3).

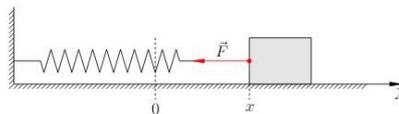


Рисунок 3 – Пружинный маятник

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (7)$$

Если подвесить груз на пружине, то получится пружинный маятник, совершающий колебания в вертикальном направлении. Но период колебания будет вычисляться по той же формуле.

В процессе изучения темы «Электромагнитные колебания» изучаются свободные электромагнитные колебания, а также автоколебания в и вынужденные колебания в электрических цепях под действием синусоидальной ЭДС. Все эти вопросы имеют очень большое значение, так как на их основе затем изучаются электромагнитные волны с их научно-практическими приложениями.

При изложении данной темы в курсе физики средней школы учитель должен опираться на следующие основные положения:

- при изучении электромагнитных колебаний опираться на аналогию их с механическими колебаниями;
- опираться на имеющиеся у учащихся знания об электрических и магнитных полях, понимание процесса электромагнитной индукции, полученных ранее;

- постоянно использовать физический эксперимент или компьютерные модели.

Рассмотрим основной теоретический материал, рассматриваемый при изучении данной темы в школе.

Электромагнитные колебания – это периодические изменения заряда, силы тока и напряжения, происходящие в электрической цепи. Простейшей системой для наблюдения электромагнитных колебаний служит колебательный контур.

Колебательный контур – это замкнутый контур, образованный последовательно соединёнными конденсатором и катушкой.

Зарядим конденсатор, подключим к нему катушку и замкнём цепь. Начнут происходить *свободные электромагнитные колебания* – периодические изменения заряда на конденсаторе и тока в катушке.

Сопротивление катушки будем считать равным нулю.

В работе рассматриваются подробно все важные стадии процесса колебаний.

Рассмотренные электромагнитные колебания являются незатухающими – они будут продолжаться бесконечно долго. Ведь мы предположили, что сопротивление катушки равно нулю.

В реальности катушка обладает некоторым сопротивлением. Поэтому колебания в реальном колебательном контуре будут затухающими.

Первый раздел работы содержит описание особенностей в изучении колебаний.

При изучении физики в школьном курсе колебательные процессы рассматривают, начиная с определения основных понятий о колебательном движении, которое является одним из основных в этой теме. Учащиеся уже знакомы с повторяющимися движениями (которые отличаются периодичностью). К ним, например, относится равномерное движение по окружности. Педагог в качестве иллюстрации демонстрирует колебательные

системы, приводят примеры из жизни (груз на нити, маятник часов, игла швейной машины и др.).

На примере этих колебательных систем подчеркивают то общее, что характерно для любых из них.

Учитель может применять следующую методику: применяя связь равномерного движения по окружности и колебательного движения, выводят уравнения движения для случая гармонических колебаний. С этой целью можно продемонстрировать опыт, в котором тень от шарика, совершающего вращательное движение по окружности, повторяет колебательное движение (рисунок 4).

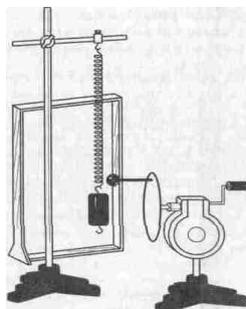


Рисунок 4 – Установка для эксперимента с пружинным маятником и шариком.

С помощью представленного оборудования показывают движение пружинного маятника. Ученики понимают, что колебания маятника совпадает с движением тени на экране от объекта, который совершает движение по окружности. Для наглядности добиваются одинаковой частоты вращательного и колебательного движения.

Но не всегда 9-классники готовы рассмотреть данный подход. Знаний математики им не всегда хватает. Поэтому данную аналогию можно привести в 11 классе, а в 9 классе дать формулы в готовом виде, подтвердив их с помощью экспериментов.

Переход к изучению характеристик колебательного движения, к которым относятся (амплитуд, частота и период) осуществляется непосредственно после изучения свободных колебаний маятников, после рассмотрения гармонических колебаний. Термин «частота» можно

использовать только в случае гармонических колебаний, т.е. для очень длительных процессов. Если периодические процессы негармонические, (а именно с ними чаще всего приходится встречаться) приходится рассматривать не с частоту, а набор (полосу) частот.

При изучения терминов «амплитуда», «частота» и «период» колебаний, важно упомянуть, что данные характеристики являются основными при колебательном процесса, а не смещение, скорость и ускорение, которые были применимы в других видах. Введение этих понятий хорошо производить с помощью эксперимента, а также упражнений (качественных, количественных).

Формулы для периода колебаний математического и пружинного маятников не могут быть строго выведены из-за отсутствия необходимой математической подготовки учащихся. В 9 классе учащиеся не владеют навыками дифференцирования. Но в 11 классе, этот вывод может быть рассмотрен в полной мере. В 9 классе они могут быть даны в готовом виде (с последующей экспериментальной проверкой) или выведены косвенным путем.

При изучении электромагнитных колебаний, которое начинается еще в 9 класса полезно применять *аналогию между механическими и электромагнитными колебаниями.*

Даная аналогия часто помогает учащимся понять сущность электромагнитных колебаний, так как, в отличии от механических колебаний, мы не видим процесс перемещения заряда по проводникам, процессы перезарядки конденсаторов.

Можно для систематизации и лучшего запоминания составить таблицу соответствия механических и электрических величин при колебательных процессах:

Таблица 1. Соответствия между механическими и электрическими величинами при колебательных процессах.

| Электрические величины | | Механические величины | |
|--|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Заряд конденсатора | $q(t)$ | Координата | $x(t)$ |
| Ток в цепи | $J = \frac{dq}{dt}$ | Скорость | $v = \frac{dx}{dt}$ |
| Индуктивность | L | Масса | m |
| Величина, обратная емкости | $\frac{1}{C}$ | Жесткость | k |
| Напряжение на конденсаторе | $U = \frac{q}{C}$ | Упругая сила | kx |
| Энергия электрического поля конденсатора | $\frac{q^2}{2C}$ | Потенциальная энергия пружины | $\frac{kx^2}{2}$ |
| Магнитная энергия катушки | $\frac{LI^2}{2}$ | Кинетическая энергия | $\frac{mv^2}{2}$ |
| Магнитный поток | LI | Импульс | mv |

Второй раздел работы рассматривает некоторые особенности изучения механических и электромагнитных колебаний.

Приведен урок для изучения механических колебаний в 9 классе. Это урок изучения нового материала, разработанный для 9 класса. В это время важно, чтобы учащиеся освоили и крепко закрепили основные понятия. При этом, как известно, особенно ценными являются знания, полученные самостоятельно, а не преподнесённые учителем в готовом виде.

В рамках рассмотренного урока учащиеся, разбившись на группы проводят эксперименты, которые приводят к основным формулам, изучаемым на уроке. Данные формулы не рассматриваются в учебниках 9 класса, но могут быть изучены с помощью применения исследовательского метода, и полезны при прохождении итоговой аттестации.

Обмен результатами работы после урока дает возможность всем учащимся класса узнать изучаемые формулы.

Пример задания для групп, при выполнении которого ученики получают нужные сведения о формулах, приведен ниже.

| | Задание для группы 1 | Задание для группы 2. | Задание для группы 3 | Задание для группы 4 и 5 |
|--------------|--|---|---|---|
| Цель | Выяснить, опытным путем, зависит ли период колебаний нитяного маятника от его массы? | Выясните, зависит ли период колебаний нитяного маятника от амплитуды колебаний. | Выяснить, зависит ли период колебаний нитяного маятника от его длины. | Изучить по учебнику тему «Период колебаний нитяного маятника» |
| Оборудование | штатив с муфтой, нить, набор грузов, секундомер. | штатив с муфтой, маятник произвольной длины, транспортир, секундомер. | штатив с муфтой, маятник произвольной длины, сантиметровая лента, секундомер. | учебники |

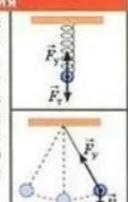
В работе приведен разработанный дидактический материал для закрепления основных понятий и формул при изучении механических колебаний:

- *Обучающие карточки*

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

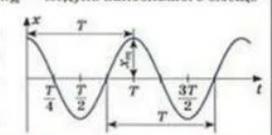
СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Колебания — движения, которые повторяются через определённые промежутки времени. **Свободные колебания** — колебания в системе под действием внутренних сил, после того как система выведена из положения равновесия. **Вынужденные колебания** — колебания тела под действием внешних периодически изменяющихся сил. **Период колебаний T** — минимальный промежуток времени, через который движение тела полностью повторяется. **Частота колебаний ν** — число колебаний в единицу времени: $\nu = \frac{1}{T}$.



ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Гармонические колебания — периодические изменения физической величины, происходящие по закону синуса: $x = x_m \sin(\omega t + \varphi_0)$. **Амплитуда гармонических колебаний x_m** — модуль наибольшего смещения тела от положения равновесия. **Фаза колебаний $\varphi = \omega t + \varphi_0$** , где φ_0 — начальная фаза, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклическая частота (собственная частота системы), число колебаний за 2π с. **Уравнение движения при гармонических колебаниях:** $a_x = -\omega^2 x$.



УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ

Собственная частота колебаний прикрепленного к пружине груза массы m : $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, где k — жёсткость пружины. **Уравнение движения:** $a_x = -\frac{k}{m}x$.



МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МАЯТНИК

Математический маятник — модель маятника, представляющая собой материальную точку, подвешенную на нерастяжимой невесомой нити. **Собственная частота математического маятника при малых углах отклонения:** $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, где l — длина нити. **Уравнение движения:** $a_x = -\frac{g}{l}s$, где s — длина дуги OA .



ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ

Энергия колеблющегося тела при отсутствии сил трения остаётся неизменной: $W = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_n^2}{2} = \frac{kx_n^2}{2}$.

Рисунок 5 – Карточка для систематизации знаний 9 кл.

- *Карточки-задания*

| Установите соответствие. | |
|--|--|
| Вопросы | Ответы |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Колебания частиц среды, происходящие в направлении распространения волны. 2. Движения, которые точно или приблизительно повторяются через определенные интервалы времени. 3. Величина, стоящая под знаком функции синуса или косинуса и определяющая при заданной амплитуде состояние колебательной системы в любой момент времени. 4. Перенос энергии без переноса вещества. 5. Колебания, частота которых лежит в пределах от 17 Гц до 20 кГц 6. Расстояние, на которое распространяется волна за время равное одному периоду колебаний. 7. Число полных колебаний, совершаемых за время 2л секунд. 8. Промежуток времени, в течение которого колебательная система совершает одно полное колебание. 9. Колебания в системе под действием внутренних сил, после того как система выведена из положения равновесия и предоставлена затем сама себе. 10. Материальная точка, подвешенная на длинной невесомой и нерастяжимой нити. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Период. 2. Вынужденные колебания. 3. Фаза колебаний. 4. Основное свойство волн. 5. Продольная волна. 6. Математический маятник. 7. Длина волны. 8. Гармонические колебания. 9. Механические колебания 10. Частота. 11. Звуковые волны. 12. Затухающие колебания. 13. Циклическая (круговая) частота. 14. Свободные колебания. 15. Поперечная волна. |

Рисунок 6 – Карточка на выявление соответствия

Также приведен пример применения игровых методик при закреплении изученного материала раздела «Механические колебания и волны».

Показаны интерактивные задания. Применение новейших технологий в обучении увеличивает наглядность, упрощает восприятие материала. Это положительно влияет на мотивацию учащихся и совместную эффективность образовательного процесса.

Среди них:

Интерактивная презентация.

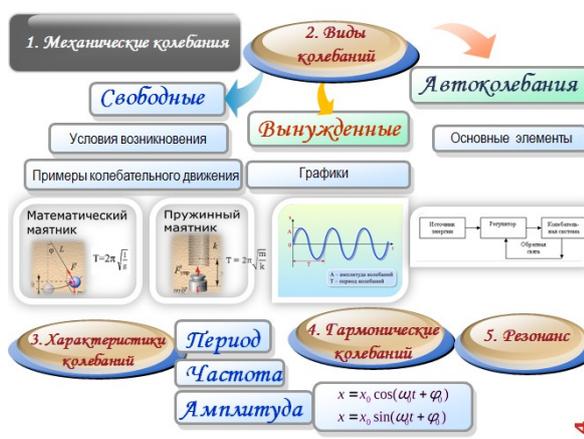


Рисунок 7 – Пример интерактивной презентации

Интерактивные задания

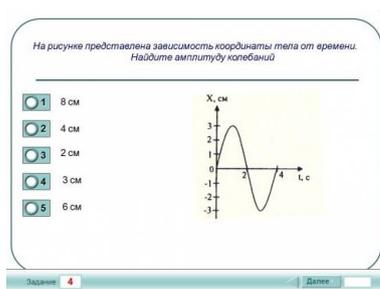


Рисунок 8 – Пример интерактивного тестирования

- *Виртуальный эксперимент*



Рисунок 9 – Пример виртуального эксперимента

Показаны особенности изучения теории электромагнитных колебаний в школе

Приведен пример урока изучения нового материала в 11 классе по теме «Электромагнитные колебания», а также урок закрепления материала при изучении электромагнитных колебаний

В этом уроке учащиеся не только соревнуются в знаниях по изученной теме, но и проявляют навыки самостоятельной исследовательской деятельности при составлении докладов.

Урок начинается с разминки, на которой происходит повторение.

Предварительно класс делится на 4 команды, каждая из которых получает домашнее задание: подготовить сообщение по теме: 1 команда – «Математический аппарат, используемый в теме "Электромагнитные колебания"»; 2 команда – «Переменный электрический ток»; 3 команда – «Роль резистора, конденсатора и катушки в цепи переменного тока»; 4 команда – «Идеальный колебательный контур».

Физическая разминка

- механические колебания и условия их реализации.
- источник механических колебаний
- источник электромагнитных колебаний

механические колебания

колебания тока

В работе показано применение интерактивных информационных технологий, как средством закрепления знаний при изучении данной темы. Приведены примеры ресурсов, применение которых призвано мотивировать учащихся на дальнейшее освоение знаний, повысить интерес к науке, сделать процесс обучения более интересным и разнообразным.

- *Интерактивные презентации или плакаты*

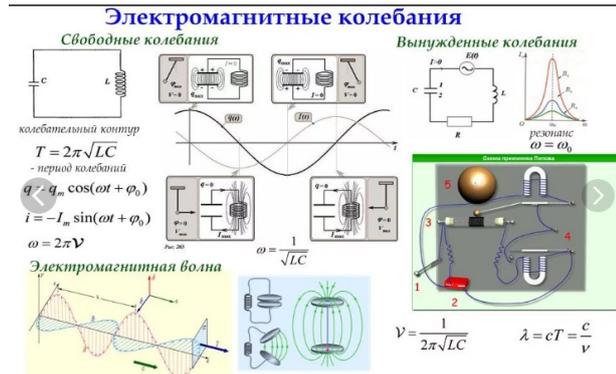
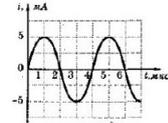


Рисунок 10 – Интерактивный плакат

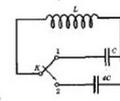
- **Тестирование**

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ»

A1. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени и колебательном контуре. Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен:



A2. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ *K* перевести из положения 1 в положение 2?



A3. Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью *C* и катушки индуктивностью *L*. Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

A4. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = 50 \cos(10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду колебаний силы тока.

A5. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 220 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 22 В. Какой была бы сила тока во вторичной обмотке при коэффициенте полезного действия трансформатора 100%?

Рисунок 11 – Пример тестирования

- **Тренажёр**

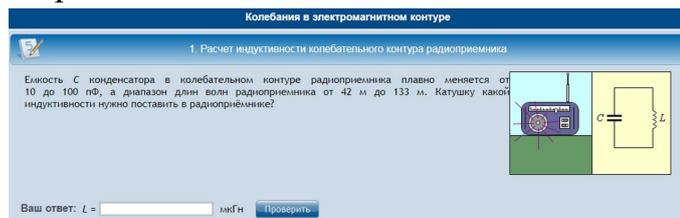


Рисунок 12 – Пример виртуального тренажера

- Виртуальный эксперимент

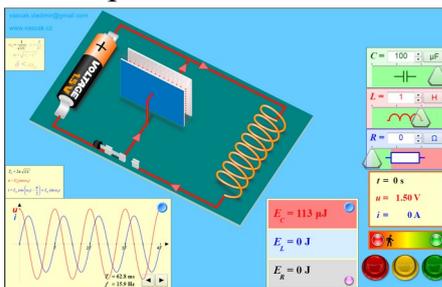


Рисунок 13 – Пример модели для виртуально эксперимента

Заключение

Колебания являются заключительной и не самой простой темой в соответствующих разделах физики. Учителю важно уделить данной теме необходимое внимание, давать новые знания на основании уже имеющихся у учащихся представлений, проследивать градацию между изучаемым материалом на 1 и 2 ступени изучения физики.

Для этой цели учителю важно использовать разнообразные методики и формы работы, призванные повысить эффективность и качество образовательного процесса.

В работе показаны основные теоретические моменты, изучаемые в школе, приведены методические рекомендации по изучению данных тем, показаны примеры организации уроков и дидактических материалов, которые будут полезны учителю при изучении колебательного движения.

Можно считать, что цель, поставленная нами в начале работы, достигнута, сформулированные задачи – выполнены.

Список используемых источников

1. Берков А.В. Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ 2013, Физика: учебное пособие для выпускников. ср. учеб. заведений/А.В. Берков, В.А. Грибов. – ООО «Издательство Астрель», 2013 г.
2. Гармонические колебания. 9 класс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kopilkaurokov.ru/fizika/testi/garmonichieskiie-koliebaniia-9-klass> (дата обращения 05.04.2023).
3. Государственный образовательный стандарт общего образования./ Официальные документы в образовании. – 2004. № 24-25;

4. Дунин С.М. Компьютеризация учебного процесса. // Физика в школе. - 2014. - №2.

5. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru> (дата обращения 05.04.2022).

6. Образовательная система «Школа-2100» Программа по физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.school2100.ru/uroki/general/physics.php> (дата обращения 05.04.2023).

7. Особенности деятельности учителей-предметников в условиях внедрения ФГОС второго поколения основного общего образования. Физика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://orenipk.ru/rmo_2012/rmo-pred-

8. Перышкин А.В. Физика. 9 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. – 14-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2009.

9. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / Сост. Е.С. Савинов. – М.: Просвещение, 2011. – 454 с. (Стандарты второго поколения).

10. Рабочая тетрадь по физике: 9 класс: к учебнику А.В.Перышкина, Е.М. Гутник «Физика 9 класс» ФГОС (к новому учебнику)/ А.В.Перышкин; сост. Г.А. Лонцова. – М.: Издательство «Экзамен», 2016. – 160 с.

11. Свободные колебания. Математический маятник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.physics.ru/courses/op25part1/content/chapter2/section/paragraph3/theory.html#.VJhZ2sgc> (дата обращения 05.04.2023).

12. Селевко Г.К. Педагогические технологии на основе активизации, интенсификации и эффективного управления УВП. – М. : НИИ школьных технологий, 2005. – 288 с. (Серия «Энциклопедия образовательных технологий»).

13. Степанова Г.Н. Сборник вопросов и задач по физике для 10 11 классов общеобразовательной школы. – СПб.: «Специальная литература», 1997. – 384с.

14. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.

15. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 384 с.

16. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/federalnyj-centr-informacionno-obrazovatelnyh-resursov-4843073.html> (дата обращения 05.04.2023).

17. Фундаментально ядро содержания общего образования / Рос. акад. наук, Рос. акад. Образования; под ред. В.В. Козлова, А.М. Кондакова. – 4-е изд., дораб. – М.: Просвещение, 2011. – 79 с. (Стандарты второго поколения).

18. Физика. 11 класс. Учебные материалы. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/catalog/pupil/?subject=30>;

19. Хижнякова Л.С., Синявина А.А. Физика: 9 кл.: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. – М.: Вентана-Граф, 2012. – 304 с.

20. Шаркова Е.В. Механические колебания и их характеристики. 9-й класс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urok.1sept.ru/articles/641997> (дата обращения 05.04.2022).

21. Электронный учебник по физике: все темы школьной программы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nado5.ru/e-book/fizika> (дата обращения 05.04.2023).

Ф. Хаитбаев

01.06.2023

