

План-конспект занятия по теме «Электромагнитные колебания»

Преподаватель: Никитенко Владимир Леонидович

Дисциплина: физика

Специальность: для студентов 1 курса специальностей:

24.02.01 Производство летательных аппаратов

15.02.08 Технология машиностроения

09.02.03 Программирование в компьютерных системах

09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Тема занятия: Электромагнитные колебания

Вид занятия: традиционный

Тип занятия: урок открытия и первичного закрепления новых знаний

Форма проведения: урок-исследование

Формы работы: групповая, индивидуальная

Метод обучения: активный: постановка и обсуждение проблемных вопросов, демонстрационный и фронтальный эксперимент, анализ процессов, применение знаний на практике.

Основная дидактическая цель: создать условия для осознания блока новой учебной информации и включения субъектного опыта учащихся в процессе познания.

Цели и задачи:

Обучающие:

- освоение системы знаний о свойствах механических и электромагнитных колебаний;
- вывод и анализ математических уравнений для механических колебаний из второго закона Ньютона и закона сохранения механической энергии;
- вывод и анализ математических уравнений для электромагнитных колебаний в колебательном контуре на основании закона Ома для неоднородного участка цепи и сохранения в колебательном контуре в произвольный момент времени суммы энергий электрического и магнитного полей, вывод формулы Томсона;
- общность законов колебательного движения и тождественность математических уравнений для колебаний различной физической природы;
- знакомство с электротехническими приборами – дроссельной катушкой, высоковольтным источником питания, демонстрационным осциллографом;
- повторение правил расчета емкости конденсаторов в цепи, повторение закона электромагнитной индукции, объяснение постепенного разряда и заряда конденсатора, постепенного изменения тока в колебательном контуре явлением самоиндукции;
- вывод математических уравнений для затухающих свободных колебаний, наблюдение затухающих колебаний на экране демонстрационного осциллографа.

Развивающие:

- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей учащихся в процессе выполнения самостоятельных экспериментальных исследований по установлению зависимости периода свободных колебаний от емкости и индуктивности колебательного контура, а также при анализе полученных данных для установления математической зависимости периода колебаний в свободном колебательном контуре от емкости и индуктивности;
- овладение умением использовать приобретённые знания и умения для решения практических задач;
- развитие наблюдательности и умения делать выводы на основе наблюдаемого, развитие интереса к предмету, навыков групповой и самостоятельной работы;

Воспитывающие:

- воспитание активной жизненной позиции, сотрудничества, повышение самооценки через достижение положительных результатов учебной деятельности;

- воспитание убеждённости в возможности познания законов природы, использование достижений физики на благо развития общества;
- побуждение к рефлексии собственной деятельности, объективной оценки своей работы.

Планируемые результаты обучения:

Предметные:

- использование различных видов познавательной деятельности для решения физических задач;
- владение основополагающими понятиями, закономерностями, законами и теориями по электромагнитным и механическим колебаниям, уверенное использование физической терминологии и символики;
- владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент;
- умение обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;
- формирование умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;
- формирование коммуникативных и исследовательских умений, навыков работы в команде.

Личностные:

- умение управлять своей познавательной деятельностью, проводить самооценку уровня собственного интеллектуального развития;
- умение использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;
- готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни;
- сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;

Метапредметные:

- владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками решения проблем;
- использование основных интеллектуальных операций (анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации);
- сформированность умения решать физические задачи;
- способность и готовность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;

Межпредметные связи: математика (производные, производные сложной функции, дифференциальные уравнения), радиотехника, электроника, электротехника.

Ресурсы:

<i>Основные источники</i>	<i>Дополнительные источники</i>	<i>Электронные образовательные ресурсы</i>	<i>Материально-технические ресурсы</i>
1. Физика. 11 класс/ Г.Я. Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н. Сотский : Под. ред. В.И Николаев, И.А. Парфентьева – М.: Просвещение, 2010	Физика. Задачник. 10-11 кл.: пособие для общеобразовательных учреждений / А.П. Рымкевич. – М.: Дрофа, 2008	https://infourok.ru/tehnologicheskaya-karta-uroka-elektromagnitnie-kolebaniya-2079656.html	Компьютер, раздаточный материал, дроссельная катушка, набор конденсаторов, демонстрационный осциллограф.

Этапы урока

№	Название этапа	Время, мин
1.	Мотивационно – целевой: 1. Организационный момент. 2. Мотивация, постановка проблемы, целеполагание. 3. Актуализация знаний.	10 мин.
2.	Процессуальный: Реализация основных этапов урока: 1 этап. Историко-познавательный. Сообщение об истории изучения электромагнитных колебаний. 2 этап. Экспериментальный. Фронтальный эксперимент, исследование свойств колебательного LC контура. 3 этап. Теоретический. Изучение, электромагнитных колебаний, сопоставление с механическими колебаниями, составление опорного конспекта (на протяжении урока). Выполнение заданий. 4 этап. Практический. Решение заданий и задач на электромагнитные колебания. 5 этап. Завершение опорного конспекта, анализ полученной информации, представление результатов	5 мин. 20 мин 20 мин 15 мин. 5 мин
3.	Рефлексивно-оценочный: - самооценка собственных действий и достижений. - взаимооценка опорных конспектов, оценки за урок.	10 мин.
4.	Заключение. Подведение итогов. Домашнее задание.	5 мин.
Итого:		90 мин.

Ход урока:

Мотивационно- целевой этап

1) Организационный момент.

Приветствие, положительный настрой, организация рабочего пространства.

2) Мотивация, постановка проблемы, целеполагание.

Вопросы учащимся	Предполагаемые ответы учащихся
Какой раздел физики мы с вами изучаем?	Электромагнитные колебания, колебательный контур
Что такое механические колебания?	Движения, которые точно или приблизительно повторяются через определенные интервалы времени
Какие виды колебаний вы знаете?	Свободные колебания и вынужденные колебания.
Что такое свободные колебания?	Колебания которые происходят под действием внутренних сил, после того как система выведена из состояния равновесия. Эти колебания являются затухающими. Так как на тела всегда действуют силы сопротивления.
Что такое вынужденные колебания?	Колебания тел под действием внешних периодически изменяющихся сил, они имеют наибольшее практическое значение.
Какие примеры механических колебаний вы знаете?	Колебания груза на пружине, колебания математического маятника
Какая сила действуют при смещении груза на	Сила упругости со стороны пружины, по закону

пружины из положения равновесия?	Гука $F_{упр} = -k \cdot x$
Сформулируйте второй закон Ньютона	Произведение массы тела m на ускорение a равно равнодействующей F всех сил, приложенных к телу: $m \cdot a = F$
Какое будет уравнение движения груза на пружине?	$m \cdot a = -k \cdot x$
Какая связь между ускорением, скоростью и координатой?	$v = x'$ (первая производная координаты по времени); $a = v' = x''$ (вторая производная координаты по времени) тогда $m \cdot x'' = -k \cdot x$
Что такое кинетическая энергия груза (скорость движения v масса m) и потенциальная энергия груза при смещении пружины на расстояние x из положения равновесия?	$m \cdot v^2/2$ и $k \cdot x^2/2$
Можно ли получить уравнение движения груза другим способом?	Из закона сохранения полной механической энергии при колебаниях груза на пружине. Продифференцировать уравнение $(m \cdot v^2/2 + k \cdot x^2/2) = \text{const}$ по времени
Какая функция является решением, уравнения $m \cdot x'' = -k \cdot x$	$x = x_0 \cdot \cos \omega_0 \cdot t$ координата тела, совершающего свободные колебания, меняется с течением времени по закону синуса или косинуса.
Какие колебания называются гармоническими?	Периодические изменения физической величины в зависимости от времени, происходящие по закону синуса или косинуса, называются гармоническими колебаниями.
Какую цель вы поставите перед собой на сегодняшнем уроке?	Изучить свободные электромагнитные колебания, составить уравнение гармонических колебаний для LC контура, изучить зависимость периода колебаний от параметров контура (R, L, C).
Какими методами можно воспользоваться для этого?	Создать математическую модель колебательного контура, установить уравнение колебаний, происходящих в колебательном контуре. Экспериментально проверить зависимость колебательных процессов в контуре с помощью LC контура с переменной емкостью и индуктивностью.

3) Актуализация знаний.

Вопросы учащимся	Предполагаемые ответы учащихся
Что такое магнитный поток?	Магнитным потоком Φ (потоком вектора магнитной индукции) через поверхность площадью S называют величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции B на площадь S и косинус угла α между векторами B и n (вектор, модуль которого равен единице перпендикулярный к плоскости проводника): $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ ($B \Phi$ вебер)
Что такое ЭДС индукции?	При изменении магнитного потока через поверхность ограниченную контуром, в контуре появляются сторонние силы, действие которых характеризуется ЭДС индукции.
Сформулируйте закон электромагнитной индукции.	ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

	$\mathcal{E}_i = \Delta\Phi/\Delta t $ или $\mathcal{E}_i = -\Delta\Phi/\Delta t$.
Сформулируйте правило Ленца	Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока которым он вызван.
Какое магнитное поле создается внутри соленоида (катушка длиной l из N витков) при прохождении через него тока I .	$B = (\mu \cdot \mu_0 \cdot \pi \cdot N^2 / l) \cdot I$ (длина)
Что такое индуктивность? Как найти индуктивность катушки длиной l и количеством витков N .	L -коэффициент пропорциональности между током в проводящем контуре и магнитным потоком. $\Phi = L \cdot I$ $\Phi = B \cdot S \cdot N = L \cdot I$ тогда $L = (\mu \cdot \mu_0 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot N^2) / 4 \cdot l$ (d диаметр катушки)
Опишите явление самоиндукции, какая используется формула для ЭДС самоиндукции	Если по катушке идет переменный ток, то магнитный поток, пронизывающий катушку меняется. Поэтому в том же самом проводнике по которому течет ток, возникает ЭДС самоиндукции. $\mathcal{E}_i = -\Delta\Phi/\Delta t = -L \cdot (\Delta I/\Delta t)$
Сформулируйте закон Ома для полной цепи	$\mathcal{E} = I \cdot (R + r)$ Или сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника тока к полному сопротивлению цепи.
Чему равна энергия электрического поля и магнитного поля?	$W_{\text{э}} = C \cdot U^2 / 2 = q^2 / (2 \cdot C)$; $W_{\text{м}} = L \cdot I^2 / 2$
Что необходимо выяснить?	Как в колебательном контуре образуются электромагнитные колебания, установить уравнение свободных колебаний и зависимость периода колебаний от характеристик колебательного контура.

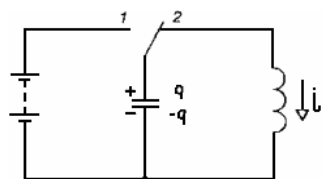
Сегодня на уроке мы познакомимся с электромагнитными колебаниями, рассмотрим принцип действия колебательного контура и проведем экспериментальное определение зависимости периода колебаний контура от LC компонентов.

1. Процессуальный этап.

Реализация основных этапов урока:

1) Историко-познавательный этап.

Начнем изучение электромагнитных колебаний с постоянного магнита. В начале 19 века, когда уже было известно о существовании магнитного поля, физики ставили задачу найти способ как изготовить постоянный магнит из имеющегося ферромагнетика (например, углеродистая сталь). Можно образец намагнитить другим магнитом, но можно ли как-то еще? Было известно, что внутри катушки (например, из медного провода) при пропускании тока, образуется магнитное поле и чем больше ток, тем более сильное можно получить поле. Если взять источник тока с внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом (гальванический элемент), ЭДС которого 10В, и подать это напряжение на катушку с $R = 0.01$ Ом, то по закону Ома для полной цепи можно получить ток $I = \mathcal{E} / (R + r) = 10\text{В} / 1,01\text{Ом} \approx 10\text{А}$, больший ток из данной схемы получить нельзя, из-за высокого сопротивления источника тока.



Решили источником тока зарядить конденсатор, а затем конденсатор разрядить на катушку, для решения этой задачи собирается схема, где через ключ конденсатор сначала заряжается от источника тока, а затем замыкается ключом на катушку. Конденсатор заряжается до 10 В, а сопротивление катушки $R = 0,01$ Ом, тогда ток должен быть $I = \mathcal{E} / R = 10\text{В} / 0,01\text{Ом} = 1000\text{А}$, и по замыслу ученых на очень короткое время можно создать очень сильное магнитное поле. Но образец намагнитить не удалось, более того, если в катушку помещали постоянный магнит, то он

размагничивался. Когда стали разбираться, в чем причина, оказалось, что ток в LC контуре не изменяется мгновенно, так же как и заряд конденсатора не исчезает сразу же. Потом стало понятно, что при разрядке конденсатора через катушку в электрической цепи возникают колебания. За время разрядки конденсатор успевает много раз перезарядиться, и ток меняет направление много раз, в результате чего ферромагнетик может намагнититься случайным образом или не намагнититься вовсе.

2) Экспериментальный этап. Проведение эксперимента, заполнение маршрутного листа каждым студентом, выполнение заданий по эксперименту.

Соберем колебательный контур (рисунок выше) из конденсатора 10 мкф (или 20 мкф), дроссельной катушки с сердечником и ключа. Дроссельная катушка имеет основную обмотку (1200 витков и 3600 витков в зависимости от подключения) и обмотку связи (15 или 40 витков). К обмотке связи подсоединим демонстрационный осциллограф. На осциллографе по вертикали (U) установим шкалу 1 В/деление, по горизонтали (t) 50 мс/деление, при существенных изменениях индуктивности шкалу необходимо скорректировать. Проведем измерения по следующему алгоритму:

1. Подготовить таблицу 1

L	T_{101} (с) при C=10 мкф N=3600	T_{201} (с) при C=20 мкф N=3600	T_{201}/T_{101}	T_{101}/T_{102}
N=3600 сердечник замкнут				
N=3600 сердечник разомкнут				
N=3600 без сердечника				
L	T_{102} (с) при C=10 мкф N=1200	T_{202} (с) при C=20 мкф N=1200	T_{202}/T_{102}	T_{201}/T_{202}
N=1200 сердечник замкнут				
N=1200 сердечник разомкнут				
N=1200 без сердечника				

2. Для проведения одного измерения необходимо сначала зарядить конденсатор от высоковольтного источника питания, затем замкнуть ключ и посмотреть сигнал с помощью демонстрационного осциллографа на катушке связи.

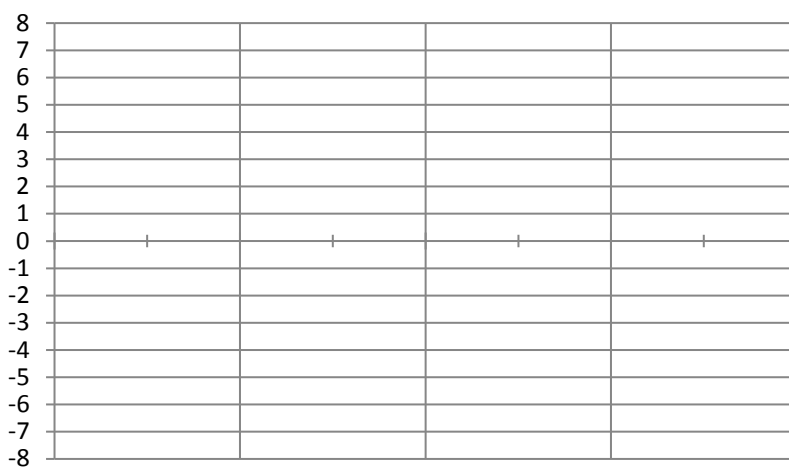
3. Провести измерения периода колебаний при разных значениях индуктивности, затем увеличить емкость в два раза и повторить измерения с разной индуктивностью. Для этого разбиться по парам, каждая пара фотографирует с экрана демонстрационного осциллографа одно измерение периода колебаний при определенной емкости и индуктивности.

4. По фотографии зарисовать форму сигнала в виде **графика 1** и определить период колебаний при соответствующих значениях индуктивности и емкости.

5. Заполнить **таблицу 1** для всех значений емкости и индуктивности. Рассчитать

отношение периодов при одинаковых индуктивностях и разных емкостях. Рассчитать отношение периодов при одинаковых емкостях, а индуктивностях при разном числе витков и одинаковом положении сердечника.

U(t) график 1



6. Проанализировать зависимость периода колебаний LC контура от емкости и индуктивности. А также зависимость индуктивности катушки от наличия сердечника.

3) Теоретический этап. Объяснение материала, заполнение маршрутного листа каждым студентом, выполнение заданий по первичному закреплению материала.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ. СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.

Электромагнитные колебания - взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей. Электромагнитные колебания появляются в различных электрических цепях. При этом колеблются величина заряда, напряжение, сила тока, напряженность электрического поля, индукция магнитного поля и другие электродинамические величины.

Свободные электромагнитные колебания возникают в электромагнитной системе после выведения ее из состояния равновесия, например, сообщением конденсатору заряда или изменением тока в участке цепи. Свободными, эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.

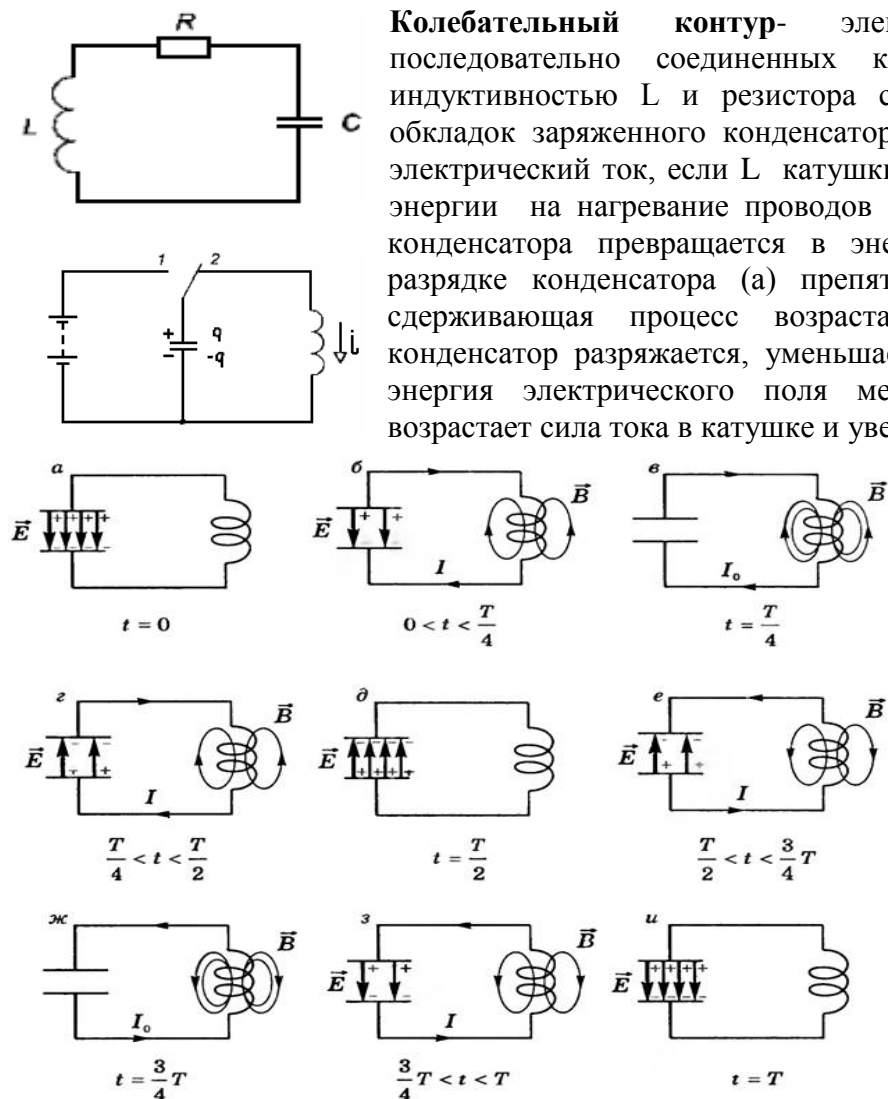
Это затухающие колебания, так как сообщенная системе энергия расходуется на нагревание и другие процессы.

Вынужденные электромагнитные колебания - незатухающие колебания в цепи, вызванные внешней периодически изменяющейся синусоидальной ЭДС.

Электромагнитные колебания описываются теми же законами, что и механические, хотя физическая природа этих колебаний совершенно различна

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Колебательный контур - электрическая цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкостью C , катушки индуктивностью L и резистора сопротивлением R . При подключении обкладок заряженного конденсатора к концам катушки в ней возникает электрический ток, если L катушки велика, а R проводов мало, и потери энергии на нагревание проводов малы, то энергия электрического поля конденсатора превращается в энергию магнитного поля. Мгновенной разрядке конденсатора (а) препятствует ЭДС самоиндукции катушки, сдерживающая процесс возрастания тока в катушке. Постепенно конденсатор разряжается, уменьшается напряжение на его обкладках, и энергия электрического поля между обкладками (б). Одновременно возрастает сила тока в катушке и увеличивается энергия её магнитного поля.



В тот момент когда конденсатор разрядится, сила тока в катушке и энергия магнитного поля достигнут максимума (в). Затем ток в катушке начинает убывать, что ведет к уменьшению магнитного потока и вызывает появление в катушке ЭДС самоиндукции и индукционного тока (г). Направление тока таково, что он препятствует уменьшению магнитного потока. Следовательно индукционный ток имеет такое же направление, какое ток имел при разрядке конденсатора и конденсатор заряжается этим током в обратной полярности (д). Это занимает половину период ($T/2$), затем процесс идет (е, ж, з) в обратную сторону вторую половину

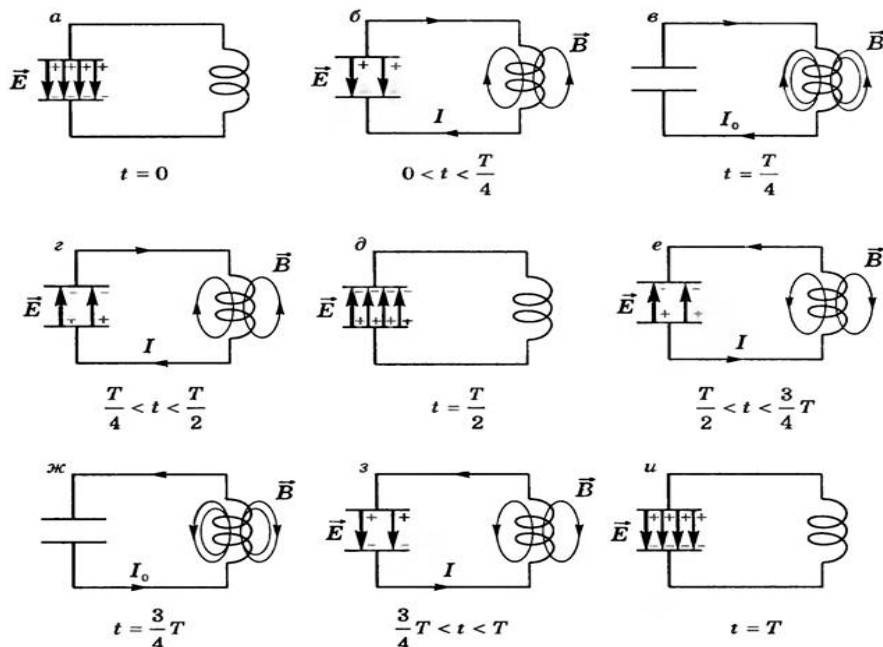
периода ($T/2$) и контур приходит к начальному состоянию (и).

Величины, выражающие свойства самой системы (параметры системы-электрические и механические аналоги): L и m , $1/C$ и k величины, характеризующие энергетическое состояние системы:

величины, выражающие скорость изменения состояния системы:

$v = x'(t)$ и $i = q'(t)$.

Задание 1.



В таблице 2. Нарисовать для каждой картинке аналогию с математическим маятником, считать что первоначально маятник отклонили вправо. Написать для каждой картинке значение q и W_e электрического поля конденсатора и I и W_m магнитного поля катушки, считая заряд за q и ток за I в промежуточных положениях, а в крайних положениях ($t=0$; $t=T/4$; $t=T/2$; $t=3T/4$; $t=T$) заряд равен q_0 или 0 , а ток равен соответственно 0 или I_0 .

Индуктивность равна L , а емкость C .

Таблица 2

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и
Картинка для маятника									
q									
W_e									
I									
W_m									

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

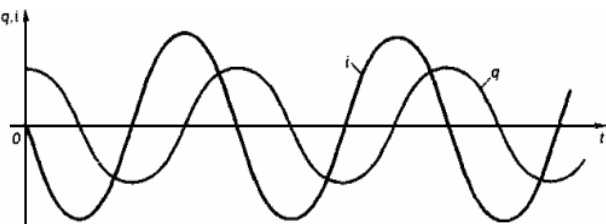
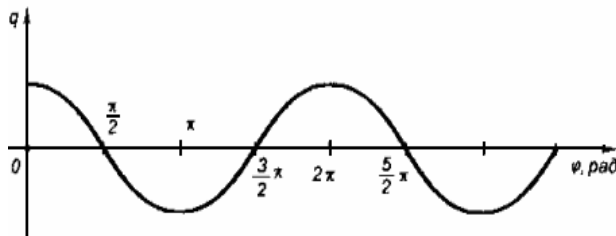
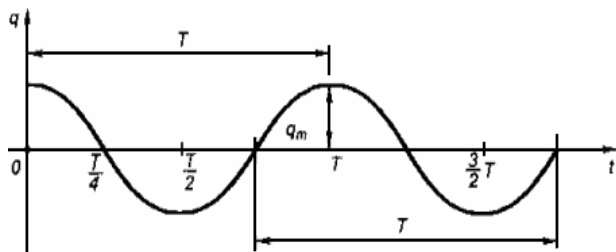
В произвольный момент времени, при отсутствии сопротивления, сумма энергий электрического и магнитного полей является величиной постоянной: $(C \cdot U^2/2 + L \cdot I^2/2) = \text{const}$ или $(q^2/2C + L \cdot I^2/2) = \text{const}$. А максимальное значение энергии электрического поля заряженного конденсатора равно максимальному значению энергии магнитного поля катушки: $C U^2_{\text{max}}/2 = L I^2_{\text{max}}/2$. Если продифференцировать уравнение $(q^2/2C + L \cdot I^2/2) = \text{const}$ по времени то $q \cdot q'/C + L \cdot I \cdot I' = 0$; так как $I = q'$ то $I' = q''$, тогда $q \cdot q'/C + L \cdot q' \cdot q'' = 0$ и $q' \cdot L \cdot (q/(L \cdot C) + q'') = 0$. Тогда уравнение свободных колебаний для заряда $q = q(t)$ конденсатора в контуре имеет вид: (где q'' - вторая производная заряда по времени)

$$q'' = -\frac{1}{LC} \cdot q \text{ или } q'' = -\omega_0^2 \cdot q \quad (1)$$

. Величина $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ является циклической частотой.

Таковыми же уравнениями описываются колебания электрических и магнитных величин.

тока, напряжения и других



$$i = \omega q_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \pi/2) \quad (5)$$

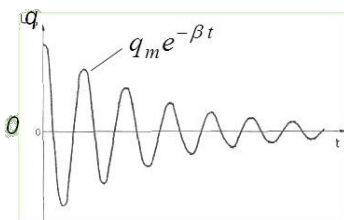
Напряжение на конденсаторе изменяется по закону: $U = q/C$ (то есть также как и заряд). Фаза колебаний силы тока в электрическом контуре отличается от фазы колебаний напряжения и заряда на конденсаторе на $\pi/2$.

Затухание свободных колебаний.

Дифференциальное уравнение затухающих колебаний

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$

$$q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$



Экспоненциальный характер убывания амплитуды колебаний

Коэффициент затухания

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

Частота затухающих колебаний

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$\omega < \omega_0$$

Одним из решений уравнения (1) является гармоническая функция

$q = q_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (2)$ Это уравнение гармонических колебаний. Наибольшее значение физической величины, изменяющейся по гармоническому закону, называется амплитудой колебаний.

Период колебаний в контуре дается формулой (Томсона):

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{LC} \quad (3)$$

Величина $\varphi = \omega t + \varphi_0$, стоящая под знаком синуса или косинуса, является фазой колебания.

Фаза определяет состояние колеблющейся системы в любой момент времени t .

Ток в цепи равен производной заряда по времени, его можно выразить

$$i = q' = -q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (4)$$

Чтобы нагляднее выразить сдвиг фаз, перейдем от косинуса к синусу

В реальном электрическом контуре из-за потерь энергии на нагревание проводников и диэлектриков энергия магнитного и электрического полей постепенно превращается во внутреннюю энергию. Изменения силы тока в катушке и напряжения на конденсаторе со временем уменьшаются и через некоторое время прекращаются. То есть свободные электромагнитные колебания являются затухающими.

4) Практический этап. Решение заданий и задач на электромагнитные колебания.

Задание 2. Приведите аналоги для параметров механической системы груза на пружине в колебательном LC контуре (заряд q , сила тока I).

Механические колебания груза на пружине	Электромагнитные колебания в колебательном контуре
Смещение от положения равновесия x	Заряд q
Скорость $v = x'$	
Потенциальная энергия $W_{\text{п}} = k \cdot x^2 / 2$	
Жесткость пружины k	
Кинетическая энергия $W_{\text{к}} = m \cdot v^2 / 2$	
Масса m	

Решите задачи.

1. Ток в цепи колебательного контура изменяется по закону: $I = -0,02 \sin 400\pi t$ (А), индуктивность катушки контура равна 0,1 Гн. Определите период колебаний в контуре, емкость конденсатора, максимальную энергию магнитного и электрического полей.
2. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 0,025 мкФ и катушку индуктивностью 1,013 Гн. В начальный момент времени конденсатор имел заряд $2,5 \cdot 10^{-6}$ Кл. Запишите закон изменение напряжения на конденсаторе. Найдите напряжение на его обкладках в момент времени $T/8$.

Задание 3. Составьте определение физического понятия из трех частей. Ответ указать цифрами. Например, 146.

Начало определения	средняя часть определения	Конец определения	Отв ет
1. Электрический ток	1. Незатухающие колебания при отсутствии внешних периодических сил	1. в переменный ток той же частоты, но другого напряжения.	146
2. Электромагнитная индукция	2. Устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения	2. магнитного потока, через поверхность ограниченную этим контуром	268
3. Закон электромагнитной индукции:	3. Повторяющиеся с течением времени	3. состояния движения.	392
4. Механические колебания	4. Упорядоченное и направленное	4. после выведения системы из состояния равновесия.	433
5. Свободные колебания	5. Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток, своим магнитным полем	5. периодически изменяющихся сил.	574
6. Вынужденные колебания	6. В замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток, при изменении числа линий	6. движение заряженных частиц.	685
7. Трансформатор	7. Колебания в системе, под действием внутренних сил	7. противодействует тому магнитному потоку, которым он был вызван	721
8. Правило Ленца	8. Колебания в системе, под действием внешних	8. магнитной индукции, пронизывающих поверхность ограниченную этим контуром	857
9. Автоколебания	9. ЭДС индукции в замкнутом контуре, равна по модулю скорости изменения	9. поддерживаемые за счёт внутренних источников энергии системы.	919

5) Завершающий этап .

Завершение опорного конспекта, анализ полученной информации, представление результатов

3.Рефлексивно-оценочный:

- самооценка собственных действий и достижений.
- взаимооценка опорных конспектов, оценки за урок. (Приложение 2. Лист самооценки студента)

Рефлексия: оцените урок по степени полезности и новизны:		
На этом уроке я открыл для себя.. ...	Интересным на уроке было....	Затруднения вызваны....

4. Задание на дом. Конспект. Решить задачи.

1. Напряжение на конденсаторе колебательного контура изменяется по закону: $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ (В), емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Определите период колебаний в контуре, индуктивность катушки. Запишите закон изменения силы тока в контуре.
2. Максимальная энергия магнитного поля колебательного контура равна $1,8 \cdot 10^{-4}$ Дж. Ток в цепи контура изменяется по закону: $I = -0,06 \sin 10^6 \pi t$ (А). Определите частоту колебаний и индуктивность катушки контура.

Маршрутная карта урока (получает каждый студент)

1. Подготовить таблицу 1

L	T_{101} (с) при $C=10$ мкф $N=3600$	T_{201} (с) при $C=20$ мкф $N=3600$	T_{201}/T_{101}	T_{101}/T_{102}
N=3600 сердечник замкнут				
N=3600 сердечник разомкнут				
N=3600 без сердечника				
L	T_{102} (с) при $C=10$ мкф $N=1200$	T_{202} (с) при $C=20$ мкф $N=1200$	T_{202}/T_{102}	T_{201}/T_{202}
N=1200 сердечник замкнут				
N=1200 сердечник разомкнут				
N=1200 без сердечника				

2. Для проведения одного измерения необходимо сначала зарядить конденсатор от высоковольтного источника питания, затем замкнуть ключ и посмотреть сигнал с помощью демонстрационного осциллографа на катушке связи.

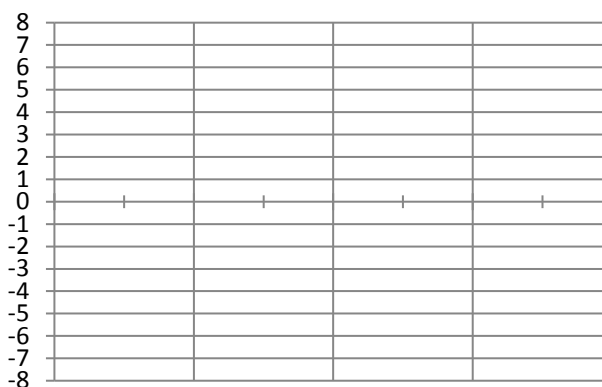
3. Провести измерения периода колебаний при разных значениях индуктивности, затем увеличить емкость в два раза и повторить измерения с разной индуктивностью. Для этого разбиться по парам, каждая пара фотографирует с экрана демонстрационного осциллографа одно измерение периода колебаний при определенной емкости и индуктивности.

4. По фотографии зарисовать форму сигнала в виде **графика 1** и определить период колебаний при соответствующих значениях индуктивности и емкости.

5. Заполнить **таблицу 1** для всех значений емкости и индуктивности. Рассчитать отношение периодов при одинаковых индуктивностях и разных емкостях. Рассчитать отношение периодов при одинаковых емкостях, а индуктивностях при разном числе витков и одинаковом положении сердечника.

6. Проанализировать зависимость периода колебаний LC контура от емкости и индуктивности. А

U(t) график 1



также зависимость индуктивности катушки от наличия сердечника.

Задание 1.

В таблице 2. Нарисовать для каждой картинки (а-и) аналогию с математическим маятником, считать что первоначально маятник отклонили вправо. Написать для каждой картинки значение q и W_e электрического поля конденсатора и I и W_m магнитного поля катушки, считая заряд за q и ток за I в промежуточных положениях, а в крайних положениях ($t=0$; $t=T/4$; $t=T/2$; $t=3T/4$; $t=T$) заряд равен q_0 или 0, а ток равен соответственно 0 или I_0 . Индуктивность равна L , а емкость C .

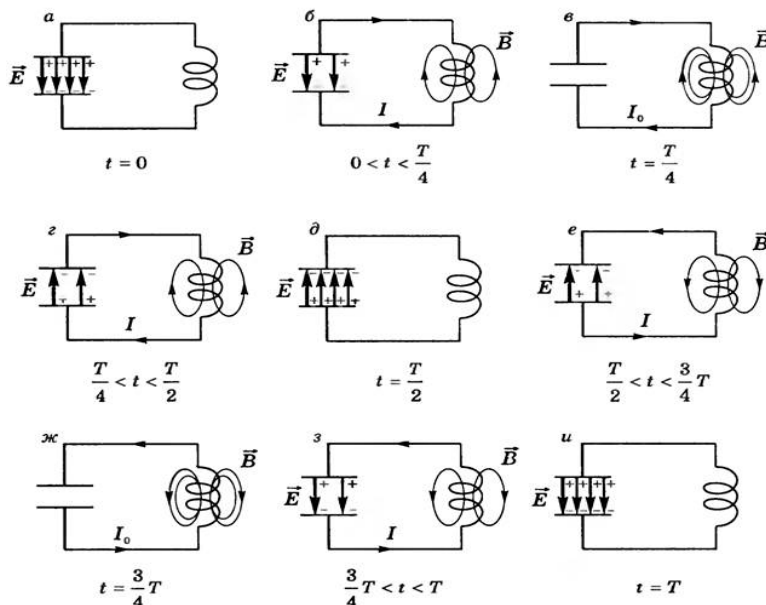
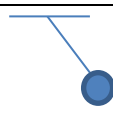


Таблица 2

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и
Картинка для маятника									
q									
W _е									
I									
W□									

Задание 2. Приведите аналоги для параметров механической системы груза на пружине в колебательном LC контуре (заряд q, сила тока I).

Механические колебания груза на пружине	Электромагнитные колебания в колебательном контуре
Смещение от положения равновесия x	Заряд q
Скорость $v=x'$	
Потенциальная энергия $W_{п}=k \cdot x^2/2$	
Жесткость пружины k	
Кинетическая энергия $W_{к}=m \cdot v^2/2$	
Масса m	

Решите задачи.

3. Ток в цепи колебательного контура изменяется по закону: $I = -0,02 \sin 400\pi t$ (А), индуктивность катушки контура равна 0,1 Гн. Определите период колебаний в контуре, емкость конденсатора, максимальную энергию магнитного и электрического полей.
4. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 0,025 мкФ и катушку индуктивностью 1,013 Гн. В начальный момент времени конденсатор имел заряд $2,5 \cdot 10^{-6}$ Кл. Запишите закон изменения напряжения на конденсаторе. Найдите напряжение на его обкладках в момент времени $T/8$.

Задание 3. Составьте определение физического понятия из трех частей. Ответ указать цифрами.

Начало определения	средняя часть определения	конец определения	Ответ
1. Электрический ток 2. Электромагнитная индукция 3. Закон электромагнитной индукции: 4. Механические колебания 5. Свободные колебания 6. Вынужденные колебания 7. Трансформатор 8. Правило Ленца 9. Автоколебания	1. Незатухающие колебания при отсутствии внешних периодических сил 2. Устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения 3. Повторяющиеся с течением времени 4. Упорядоченное и направленное 5. Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток, своим магнитным полем 6. В замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток, при изменении числа линий 7. Колебания в системе, под действием внутренних сил 8. Колебания в системе, под действием внешних 9. ЭДС индукции в замкнутом контуре, равна по модулю скорости изменения	1. в переменный ток той же частоты, но другого напряжения. 2. магнитного потока, через поверхность ограниченную этим контуром 3. состояния движения. 4. после выведения системы из состояния равновесия. 5. периодически изменяющихся сил. 6. движение заряженных частиц. 7. противодействует тому магнитному потоку, которым он был вызван 8. магнитной индукции, пронизывающих поверхность ограниченную этим контуром 9. поддерживаемые за счёт внутренних источников энергии системы.	146

Приложение 2.

Лист самооценки студента		
Ф.И.О		
Вид оценки (диапазон баллов)	Пояснения к выставлению баллов	Итог
Оценка за экспериментальную часть (2-5 б.)	График построен, таблица заполнена полностью, расчеты и выводы сделаны (5б). При неполном или неправильном выполнении заданий оценка снижается.	
Задание 1. (0-2б) Задание 2 (0-2б) Задание 3 (0-3б)	Задания выполнены верно-полный балл, с ошибками или не выполнены 0-1 балл.	
Задачи (0-2б)	Две задачи решены верно- 2б, одна задача -1 б.	
Оценка за участие во фронтальном опросе (0 – 2б.)	Один правильный ответ – 1 балл, 2 ответа и более - 2 балла.	
Оценка за выступление или решение задачи у доски (2 б.)	Одно выступление или решение задачи у доски – 2 балла.	
Суммируйте все ваши баллы		
Максимально возможное количество баллов		18
Если ВЫ набрали (14-18) баллов, поставьте оценку		5
Если ВЫ набрали (10-13) баллов, поставьте оценку		4
Если ВЫ набрали (6-9) баллов, поставьте оценку		3
Если ВЫ набрали (0-5) баллов, поставьте оценку		2
Ваша оценка		