

Занятие 1. Электромагнитная индукция.

I. Вопросы (блиц):

1. Почему сильный магнит притягивает фрагменты кожи, на которые нанесена татуировка черной или сине-черной краской?
2. Если взять «то» да «это» и еще половину «того» да «этого» - сколько процентов от трех четвертей «того» да «этого» это составит? 200
3. Если разгрузить все корабли и достать их из океана - уровень океана и морей уменьшится или увеличится?
4. Какого типа газовый разряд возникает: а) при электросварке; б) в лампе дневного света; в) в свече ДВС; г) в неоновой лампе; д) в электрофильтрах?
5. Приведите примеры веществ, способных менять форму и свойства под влиянием внешних факторов
6. Каков механизм поглощения света в полупроводниках?

Задачи (блиц):

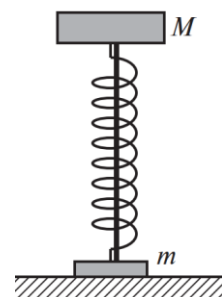
1. Длинный тонкий рулон обоев раскатан в лист и лежит на ровном горизонтальном полу. Длина рулона x , ширина ℓ , толщина h , плотность ρ . К концу рулона приклеили трубку массы M . Трубку резко толкнули, в результате чего она покатила, весь рулон плотно намотался на трубку и в этот момент движение прекратилось. Чему равна начальная



кинетическая энергия трубки? Внешний диаметр трубки ничтожен по сравнению с диаметром намотавшегося на нее рулона, а сам рулон нерастяжим, но изгибается без усилия. $E_k = (M + \rho x h \ell) g \sqrt{x h / \pi}$

2. Две шайбы массами $m = 0,01$ кг и $M = 0,05$ кг связаны пружиной жесткости $k = 30$ Н/м и длиной $\ell_0 = 18$ см. Пружина сжата в начальный момент на величину Δ . Шайба массой m находится на горизонтальной поверхности. Нить пережигают.

- При какой максимальной длине ℓ нити она не провисает при начальном сжатии?
- При каком минимальном начальном сжатии пружины $\Delta_{\text{отр}}$ после пережигания нити произойдет отрыв нижней шайбы от поверхности? Ответ: 16,33 см; 3,67 см



3. Два тела движутся с одинаковыми скоростями вдоль одной прямой, находясь на некотором расстоянии друг от друга. Тела одновременно начинают ускоряться: переднее - с постоянным ускорением a_1 , заднее - с постоянным ускорением a_2 ($a_2 > a_1$). В момент встречи тел их скорости равны v и $2v$. Найти скорость тел и расстояние между ними до начала ускорения.

$$l = \frac{(a_2 - a_1)t^2}{2} = \frac{v^2}{2(a_2 - a_1)}$$

II. В замкнутом проводящем контуре возникает электрический ток при всяком изменении числа линий магнитной индукции, пронизывающих поверхность, ограниченную этим контуром (электромагнитная индукция). Если изменяется число линий магнитной индукции через поверхность, ограниченную контуром, то изменяется магнитный поток:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Зависимость силы индукционного тока от скорости изменения магнитного потока,

числа витков в контуре и его сопротивления (демонстрация).

$$I_i = -\frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t}; \quad I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}; \quad \varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow e_i = -\Phi'$$

Три способа изменения магнитного потока (изменение B , S и α) и три способа получения индукционного тока. А есть ли четвертый (движение проводника в магнитном поле)? **Правило Ленца.** Каков физический смысл знака "-" в формуле для ЭДС индукции?

III. Задачи (блиц):

1. Из двух одинаковых проводников изготовили два контура – квадратный и круговой. Оба контура помещены в одной плоскости в изменяющееся со временем магнитное поле. В круговом контуре индуцируется постоянный ток $I_1 = 0,4$ А. Найти силу тока в квадратном контуре. 0,51 А
2. Какой ток идет через амперметр, присоединенный к железнодорожным рельсам, когда к нему со скоростью 72 км/ч приближается поезд? Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли 50 мкТл. Сопротивление амперметра равно 100 Ом. Расстояние между рельсами 1,2 м. Рельсы считать изолированными друг от друга и от земли. 12 мкА
3. Главный реактор Республиканского крейсера передает энергию всем остальным системам через длинный прямой провод, по которому течет ток 1000 А. Рядом с проводом находится прямоугольная крышка со сторонами 50 и 70 см. Крышка повернута так, что провод находится в ее плоскости. Определите магнитный поток, пронизывающий крышку. Расстояние от ближней точки крышки до провода 20 см, дальней – 90 см. Зависит ли магнитный поток от ориентации крышки? $0,337 \cdot 10^{-4}$ Вб, $0,47 \cdot 10^{-4}$ Вб.

Олимпиада.

1. Ток в катушке нарастает линейно от нуля до 5 А за 9 с. За это время в проводящем кольце, расположенном вблизи катушки, выделяется 0,5 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделится в кольце, если ток в катушке будет возрастать линейно от нуля до 10 А за 3 с? 12 Дж
2. Рамка с 300 числом витков и площадью 200 см^2 может вращаться на оси, проходящей через середину рамки. Рамка располагается в однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл так, что плоскость рамки перпендикулярна направлению магнитного поля. За время 0,15 с рамку поворачивает механизм с КПД = 65% на угол 60° градусов. Рамка замкнута накоротко, её сопротивление 13 Ом. Определите:
 - 1) величину изменения потока за время поворота, и величину образующейся ЭДС; - 8 мВб, 16 В
 - 2) заряд, который протечет через рамку при повороте, и величину образующегося тока; 0,185 Кл, 1,23 А
 - 3) величину рассеиваемой энергии, и работу, которую произвел механизм поворота. $A' = 2,95$ Дж, $A = 4,54$ Дж, $Q = 1,59$ Дж
3. Проволочное кольцо радиуса r , обладающее электрическим сопротивлением R , находится в однородном магнитном поле. Линии индукции перпендикулярны плоскости кольца, а модуль изменяется по гармоническому закону $B = B_0 \cos$

(ωt). Индуктивность кольца пренебрежимо мала. Определите максимальное значение силы натяжения кольца. $T_{\max} = B_0^2 \pi r^3 \omega / 2R$.

Вопросы (блиц):

1. Как надо перемещать в магнитном поле Земли замкнутый проволочный прямоугольник, чтобы в нем наводился ток?
2. Как следует ориентировать проволочную рамку в однородном магнитном поле, чтобы магнитный поток через ограниченную ею поверхность был: а) равен нулю; б) максимален по модулю и отрицателен; в) максимален; г) равен половине максимального значения?
3. При повороте катушки на 180° в магнитном поле Земли, гальванометр регистрирует ток. Почему?
4. Какими тремя способами можно изменить магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур?
5. Для уничтожения кораблей применялись мины с индукционным взрывателем, основным элементом которой являлась катушка, намотанная на постоянный магнит. Объясните принцип его действия.
6. Проволочный контур в виде квадрата со стороной 10 см расположен в магнитном поле так, что плоскость контура перпендикулярна линиям однородного магнитного поля с индукцией 2 Тл. На какой угол надо повернуть плоскость контура, чтобы изменение магнитного потока составило 10 мВб?
7. Почему во время солнечной бури могут повреждаться энергосистемы и возникать помехи при телефонной связи?

Разное

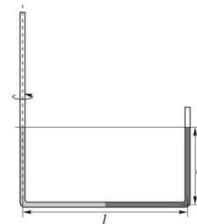
1. Катушка, имеющая форму равностороннего треугольника, помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,06 Тл, направление линий которой составляет угол 30° с перпендикуляром к плоскости катушки. Если при равномерном уменьшении магнитной индукции до нуля за время 0,03 с в рамке индуцируется ЭДС 30 мВ, то чему равна длина одной стороны рамки?

Олимпиада.

1. Муравей стартует с начальной скоростью $v_0 = 2$ см/с и движется по некоторой траектории. За какое время τ муравей пройдет первый метр своего пути ($S = 1$ м), если в процессе движения модуль его скорости v зависит от пройденного пути x по закону: $v(x) = v_0 / (1 + kx)$, где $k = 1 \text{ м}^{-1}$? 75 с.
2. Координаты материальной точки, движущейся на плоскости, изменяются по закону: $x = 3t^2$, $y = 4t$. Определите: уравнение траектории $y(x)$; скорость v и ускорение a в момент времени $t_0 = 1$ с, касательное a_τ и нормальное a_n ускорение точки в этот же момент времени, а также радиус кривизны траектории R . $y = 4 \cdot \sqrt{\frac{x}{3}}$, 7,21 м/с, 6 м/с², $a_\tau = 4,99 \text{ м/с}^2$, $a_n = 3,33 \text{ м/с}^2$, $R = 15,62 \text{ м}$.
3. Камень бросают с башни высотой h_0 с начальной скоростью v_0 . Найдите время τ полета камня до момента падения на горизонтальную поверхность земли. Под каким углом α к горизонту надо бросить камень, чтобы дальность его полета была максимальной? Чему равна эта максимальная дальность полета камня?

4. Камень брошен с вертикальной башни так, что дальность его полета максимальна. Найдите время полета камня, если точка падения камня на горизонтальную поверхность земли отстоит от точки бросания на расстоянии $S = 80$ м. Ответ: $t = \sqrt{2S/g} = 4$ с.

5. В тонкой U-образной трубке постоянного сечения находится вода и ртуть одинаковых объемов. Длина горизонтальной части трубки $\ell = 40$ см. Трубку раскрутили вокруг колена с водой, и оказалось, что уровни жидкостей в трубках одинаковы и равны $h = 25$ см. Пренебрегая эффектом смачивания, определите период T вращения трубки. $T = 1$ с

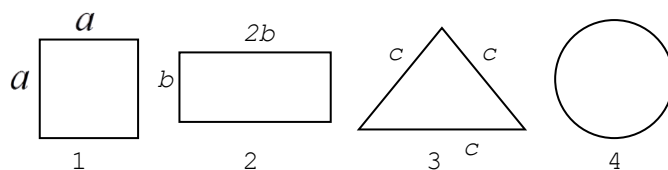


Занятие 2. Вихревое электрическое поле

I. Вопросы (блиц):

1. Объясните качественно, как правило Ленца связано с законом сохранения энергии.
2. Миша, Коля и Лёша играют в настольный теннис: игрок, проигравший партию, уступает место игроку, не участвовавшему в ней. В итоге оказалось, что Миша сыграл 9 партий, а Коля — 19. Сколько партий сыграл Лёша? 10
3. Определите направление индукционного тока в кольце, к которому приближается южный полюс магнита.

4. На рисунке изображены проводники одинаковой длины, но разной формы, помещенные в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Через какой замкнутый контур магнитный поток максимален? 3



5. Почему кольцо из сверхпроводника парит над магнитом?
6. По П-образному проводнику перемещается с постоянной скоростью v под действием силы F замыкающая провод перемычка. Контур находится в перпендикулярном его плоскости однородном магнитном поле с индукцией B . Чему равна сила F , если в контуре выделяется каждую секунду количество теплоты Q . $F = Q/v$
7. По прямолинейному рельсовому пути, изолированному от земли, равномерно идет поезд. В каком-то месте оба рельса замкнуты на гальванометр. Будут ли изменяться показания гальванометра в зависимости от того, приближается поезд к гальванометру или удаляется от него?
8. Какие превращения энергии происходят при введении магнита в замкнутое проводящее кольцо?
9. В коротко замкнутую катушку вдвигают магнит: один раз быстро, а другой — медленно. В каком случае через катушку протечет больший заряд? В каком случае в катушке выделится больше тепла?
10. Горизонтальная круглая рамка находится в магнитном поле, направленном вертикально вверх. Каким будет направление индукционного тока при наблюдении рамки сверху, если поле уменьшается со временем?

11. Определить направление индукционного тока в следующем опыте. Ось прямого постоянного магнита расположена вдоль магнитного меридиана. Над магнитом, параллельно ему подвешен прямолинейный провод. Магнит быстро поворачивают на 90^0 северным полюсом на восток.

II. Задачи (блиц):

1. Катушка, имеющая форму равностороннего треугольника, помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,06 Тл, направление линий которой составляет угол 30^0 с перпендикуляром к плоскости катушки. Если при равномерном уменьшении магнитной индукции до нуля за время 0,03 с в рамке индуцируется ЭДС 30 мВ, то чему равна длина одной стороны рамки? 0,2 м
2. Медное кольцо из провода диаметром 2 мм расположено в однородном магнитном поле, индукция которого меняется со скоростью 1,09 Тл/с. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Чему равен диаметр кольца, если в нем возникает ток 10 А? 0,2 м

III. Какое поле может вызвать движение свободных заряженных частиц в проводнике, если он неподвижен? Батарейка?! Электрическое поле! $\vec{F}_e = q\vec{E}$. А магнитное?! Нет! $F_M = qvB\sin\alpha$. Если $v=0$, то $F_M = 0$. Электрический ток в неподвижном контуре может вызвать только **электрическое поле**, которое в данном случае создается переменным магнитным полем. Изменяющееся сквозь данный контур (в данной области пространства) с течением времени магнитное поле порождает в окружающем пространстве вихревое **электрическое поле**.

Особенности поля:

- Силовые линии замкнуты (вихревое поле).
- Направление вихревого электрического поля образует левый винт с нарастающим вектором \vec{B} .
- Замкнутый проводящий контур, магнитный поток сквозь который изменяется, является источником электрического тока.
- Энергетическая характеристика источника тока - ЭДС. ЭДС индукции обусловлена работой вихревого электрического поля, поэтому для любого контура:

$$A = qEl = q|\varepsilon_i| = q \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = qS \left| \frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t} \right|.$$

Энергия, сообщаемая заряду, черпается от источника, который обеспечивает изменение магнитного поля.

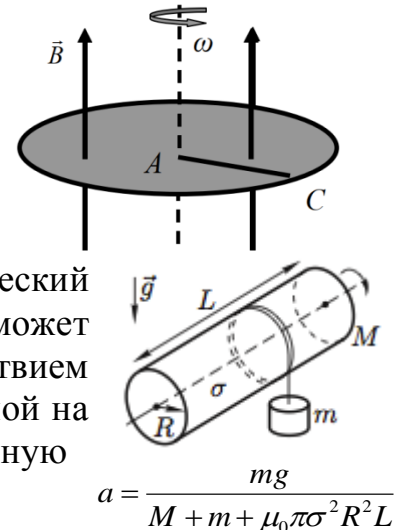
IV. Задачи:

1. Квадратная проволочная рамка со стороной 40 см лежит на столе. Линии индукции однородного магнитного поля перпендикулярны плоскости рамки. Модуль индукции этого поля за время $\tau = 10$ с равномерно убывает от $B = 1$ Тл до нуля. Сопротивление витка $r = 0,5$ кОм. Определите работу, которую совершает вихревое электрическое поле в рамке за это время. 5,12 мкДж
2. Индукция магнитного поля внутри цилиндра радиуса 8 см возрастает со временем по закону $B = \alpha \cdot t^2$ (коэффициент $\alpha = 10^{-4}$ Тл/с²). Магнитное поле направлено вдоль оси цилиндра. Чему равна напряженность вихревого электрического поля на расстоянии 0,1 м от оси цилиндра в момент времени $t_1 = 1$ с; $t_2 = 4$ с? 0,8 мкВ/м, 3,2 мкВ/м

Олимпиада.

1. Заряд Q равномерно распределён по тонкому диэлектрическому кольцу массой M , лежащему на гладкой горизонтальной плоскости. Кольцо находится в однородном магнитном поле с индукцией B , магнитные линии направлены вертикально. Определите угловую скорость, которую приобретёт кольцо после выключения магнитного поля. $\omega = \frac{QB}{2m}$

2. Изолированный металлический диск помещен в однородное магнитное поле. Ось диска совпадает с направлением силовых линий индукции магнитного поля. Поток вектора индукции через плоскость диска составляет $0,02$ Вб. Определить ЭДС индукции между центром и краем диска, возникающую при его вращении с частотой 50 Гц. $1B$



3. На длинном тонкостенном диэлектрическом цилиндре радиуса R , длины $L \gg R$ и массы M размещён электрический заряд одинаковой поверхностной плотностью σ . Цилиндр может свободно (без трения) вращаться вокруг своей оси под действием груза массы m , подвешенного на невесомой нити, намотанной на цилиндр. Определите ускорение груза. Магнитную постоянную μ_0 считать заданной.

Вопросы (блиц):

1. Что произойдет в кольце, когда в него введут магнит, если кольцо сделано из:
а) диэлектрика; б) проводника; в) сверхпроводника?
2. Металлический шарик, подвешенный на нити к штативу, совершает колебания. Как, не прикасаясь к шарик, ускорить затухание колебаний?
3. Спутники на геостационарной орбите все же теряют скорость из-за взаимодействия с магнитным полем Земли. Почему?
4. Почему магнитное поле внутри сверхпроводника всегда равно нулю?
5. Как перемещается по рельсам поезд на магнитной подушке?
6. На вертикально расположенной катушке лежит металлическая монета. Почему она нагревается, когда по катушке течет переменный ток, и остается холодной — при постоянном токе?
7. Почему изменения магнитного поля Земли во время солнечных вспышек генерируют электрические токи в соленой воде, литосфере Земли, линиях электропередачи и других проводниках?
8. Перечислите реальные способы левитации.

Разное

1. На двух горизонтальных рельсах, расстояние между которыми $\ell = 1,0$ м, лежит проводник сопротивлением $R = 1,0$ Ом, массой $m = 0,5$ кг. Коэффициент трения между проводником и рельсами $\mu = 0,1$. Вся система находится в однородном магнитном поле с вертикальным направлением линий магнитной индукции. Значение магнитной индукции $B = 0,1$ Тл. Рельсы подключают к источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 10$ В. Пренебрегая внутренним сопротивлением источника и сопротивлением рельсов, определите установившуюся скорость движения проводника. 50 м/с

Олимпиада.

1. В постоянном магнитном поле заряженная частица движется по окружности. Когда индукцию магнитного поля стали увеличивать, обнаружилось, что скорость частицы изменяется так, что поток вектора магнитной индукции через площадь, ограниченную орбитой, остаётся постоянным. Найдите кинетическую энергию частицы E в поле с индукцией B , если в поле с индукцией B_0 её кинетическая энергия равна E_0 . Отв. $E = (B/B_0) E_0$

Занятие 3. Явление самоиндукции

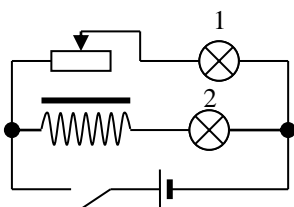
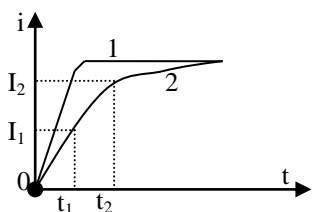
I. Вопросы (блиц):

1. В переменное магнитное поле помещена катушка и виток. Почему ЭДС в катушке больше, чем в одном витке?
2. В турнире по игре в "крестики – нолики", проведённом по системе "проиграл – выбыл", участвовали 18 школьников. Каждый день играли одну партию, участников которой выбирали жребием из ещё не выбывших школьников. Каждый из шестерых школьников утверждает, что сыграл ровно четыре партии. Не ошибается ли кто-то из них? ошибается
3. Полосовой магнит поочередно вводится в кольцевые проводники различного радиуса. Что вы можете сказать об ЭДС индукции, возникающей в проводниках; напряженности вихревого электрического поля; силе тока?
4. Определите ЭДС индукции в контуре, если магнитный поток через контур за каждые 2 с увеличивается на 10 Вб. 5 В.
5. Почему при транспортировке клеммы электроизмерительных приборов замыкают проводом?
6. Каким образом можно экранировать некоторую область пространства от влияния быстроизменяющихся магнитных полей?
7. Вихревое электрическое поле имеет совершенно другие свойства в отличие от электростатического поля. Какие?
8. Если вращать магнит под горизонтальным алюминиевым диском, закрепленным на вертикальной оси вращения, то он тоже начнет вращаться. Следует ли из этого, что алюминий притягивается магнитом?

II. Задачи (блиц):

1. Из провода длиной 2 м, имеющего сопротивление 5 Ом, изготовлен квадратный контур. В одну из сторон включен источник с ЭДС 10 В и сопротивлением 2 Ом. Контур помещен в однородное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны плоскости контура. Модуль индукции магнитного поля возрастает по закону $B = kt$, где $k = 10$ Тл/с. Найти силу тока в контуре при обоих возможных направлениях поля. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. 1,79 А, 1,07 А.
2. Под действием постоянной силы по П-образному проводу перемещается перемычка со скоростью 0,5 м/с. Контур, состоящий из провода и перемычки, находится в магнитном поле, силовые линии которого перпендикулярны его плоскости. Вычислить модуль действующей силы, если в контуре выделяется в секунду 2 Дж теплоты? 4 Н

III. На доске изображена схема электрической цепи, собранной на демонстрационном столе (накал слабый). Замыкание ключа и наблюдение за лампами. Примерные графики нарастания силы тока в лампах. Нарастание тока и изменение магнитного потока сквозь контур катушки. Возникновение ЭДС самоиндукции и индукционного тока в катушке, его направление.



$$\Phi \sim B \sim I; N \cdot \Phi = L \cdot I; N \cdot \Delta\Phi = L \cdot \Delta I.$$

$$\varepsilon_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow e_c = -L \cdot i'.$$

Объяснение графика силы тока в катушке от времени.

Индуктивность (L) – свойство

электрической цепи (проводника или катушки) противодействовать изменению в ней силы электрического тока, измеряемое отношением ЭДС самоиндукции, возникающей в этой цепи, к скорости изменения тока в ней. Единица индуктивности в СИ: $[L] = [\text{Гн}]$.

Индуктивность катушки:
$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{\ell}.$$

Установление тока при замыкании цепи происходит тем быстрее, чем меньше L больше её сопротивление R.



с катушкой цепи и

Возникновение ЭДС самоиндукции при размыкании электрической цепи. Направление индукционного тока (демонстрация). При размыкании электрической цепи ток продолжает течь (индукционный ток), а поэтому между разомкнутыми клеммами ключа появляется разность потенциалов (напряжение). Если $L = 1,1 \text{ Гн}$, $I = 1 \text{ А}$, а $\Delta t = 10^{-3} \text{ с}$. то $\varepsilon_c = 1000 \text{ В}$.

IV. Задачи:

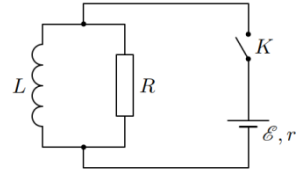
- Через катушку, индуктивность которой 200 мГн протекает ток, изменяющийся по закону $I = 2\cos 3t$. Определить максимальное значение ЭДС самоиндукции. Ответ: $\varepsilon_{\max} = 1,2 \text{ В}$.
- В цепи индуктивность катушки 0,1 Гн, ее сопротивление пренебрежимо мало. ЭДС источника тока 12 В, его внутреннее сопротивление 0,3 Ом, сопротивление резистора, включенного последовательно с катушкой, 2,7 Ом. Ключ замыкают. 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа. 2) Найти скорость возрастания тока в момент, когда ток достигнет 1 А. 3) Найти установившийся ток в цепи. 120 А/с, 90 А/с. 4 А.
- По соленоиду, индуктивность которого L течет ток силой I0. При замыкании концов соленоида накоротко через поперечное сечение проводника соленоида прошел заряд q. Найти сопротивление обмотки соленоида. Ответ: $R = \frac{I_0 L}{q}$.

Олимпиада.

- Обмотка соленоида состоит из одного слоя плотно прилегающих друг к другу витков провода диаметром $d = 0,24 \text{ мм}$. Диаметр D соленоида равен 6,8 см. По соленоиду течет ток $I = 6 \text{ А}$. Определить количество электричества Q в мкКл, протекающее через обмотку, если концы ее замкнуть накоротко. Толщиной изоляции пренебречь. Удельное сопротивление провода $\rho = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. 1207 мкКл

2. Вблизи длинного прямого провода с током расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением 4,4 Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояние которых от провода соответственно равно 14,8 см и 31,4 см. Найти силу тока в проводе, если при его выключении через рамку протек заряд 507,2 мкКл. Сделайте рисунок. 90 кА

3. Параллельно соединённые катушка индуктивностью L и резистор сопротивлением R подключены через ключ K к батарее с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r . В начальный момент времени ключ K разомкнут, и тока в цепи нет. Какой заряд протечёт через резистор после замыкания ключа? Через какой промежуток времени установится ток в цепи? Сопротивлением катушки пренебречь. $q = \frac{L\varepsilon}{Rr}$. У меня $t = \frac{L(R+r)}{Rr}$.



Вопросы (блиц):

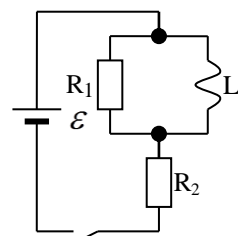
1. Как определить индуктивность достаточно длинной катушки, пропуская через нее постоянный ток?
2. Если электрическую лампу подключить параллельно катушке индуктивности, то при размыкании ключа лампа ярко вспыхивает. Почему?
3. Как с помощью линейки измерить индуктивность однослойной катушки без сердечника?
4. Если сопротивление замкнутого контура равно нулю (сверхпроводник). То при введении в него магнита возникал бы бесконечно большой ток. Почему этого не происходит? Магнитное поле в проводнике, который находится в сверхпроводящем состоянии, возбудить невозможно. Почему?
5. Можно ли считать индуктивность соленоида с железным сердечником постоянной величиной?
6. В проводнике индуктивностью 50 мГн сила тока в течение 0,1 с равномерно возрастает с 5 А до некоторого конечного значения. При этом в проводнике возбуждается ЭДС самоиндукции, равная 5 мВ. Определить конечное значение силы тока в проводнике. 5,01 А
7. Назовите основные явления, подтверждающие существование магнитного поля.
8. Может ли возникать искра между двумя контактами при их размыкании?

Разное

1. При равномерном изменении силы тока через однослойную катушку за время 0,05 с в ней возникает ЭДС самоиндукции 0,1 В. Катушка содержит 1000 витков. Какой заряд пройдет за это время через замкнутый виток сопротивлением 2 Ом, плотно надетый на катушку? 2,5 мкКл
2. Катушка из 50 витков радиусом 10 см находится на расстоянии 1 м от другой такой же катушки. Они имеют общую ось. Чему равна э. д. с. индукции во второй катушке, когда первая, несущая ток 10 А, выключается за 0,01 с? на взаимную индукцию 0,01 В

Олимпиада.

1. В схеме, изображенной на рисунке, в начальный момент ключ разомкнут. Определите ток в ветвях цепи сразу после замыкания ключа. Найдите установившиеся токи в цепи после окончания



переходного процесса. Параметры схемы указаны на рисунке. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

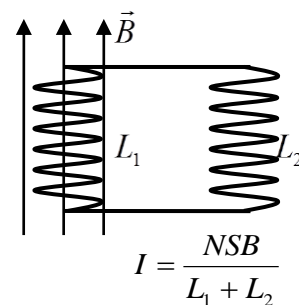
Занятие 4. Энергия магнитного поля.

I. Вопросы (блиц):

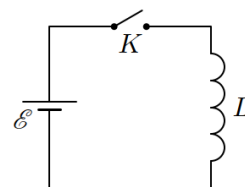
1. При электросварке применяется стабилизатор - катушка со стальным сердечником, включенная последовательно с дугой. Почему стабилизатор обеспечивает устойчивое горение дуги?
2. В ящике 52 апельсина, 4 из которых испорчены. Какова вероятность вытащить 2 испорченных апельсина? $1/13 \cdot 1/17 = 1/221$.
3. Кольцо из сверхпроводника находится вблизи постоянного магнита и пронизывается магнитным потоком величиной Φ . Как изменится поток, если магнит убрать. Не изменится
4. В какой момент искрит рубильник: при замыкании или размыкании? Если параллельно рубильнику включить конденсатор, то искрение прекращается. Объясните явление.
5. При замыкании и размыкании цепи в катушке возникает индукционный ток. В каком случае его значение будет больше? При размыкании сопротивление цепи резко увеличивается, ток резко уменьшается, возникает ЭДС самоиндукция, которая превышает ЭДС источника тока.
6. Как изменится индуктивность контура при увеличении числа витков в 4 раза? Увеличится в 16 раз.
7. Чему равна индуктивность контура, в котором при изменении силы тока на 6 А за 3 с возникает ЭДС самоиндукции 1 мВ? $L = 500$ мкГн.
8. Почему при отрыве бугеля трамвая от воздушного провода искрение незначительно, если работает только освещение вагона, а двигатель отключен?
9. Имеются два провода равной длины, но разного сечения. Какой из них нужно навивать (однослойной намоткой) на железный сердечник, чтобы получить большую индуктивность?
10. При подключении катушки индуктивности к источнику постоянного тока, ток в цепи изменяется по закону: $I = 3(1 - e^{-20t})$. Определите время, через которое ток примет свое конечное значение. Ток достигнет $I = 0,99I_0$ через 0,25 с..

II. Задачи (блиц):

1. Однослойный соленоид без сердечника длиной $\ell = 20$ см и диаметром $D = 4$ см имеет плотную намотку медным проводом диаметром $d = 0,1$ мм. За время $\Delta t = 0,1$ с сила тока в соленоиде убывает от $I_1 = 5$ А до 0. Определите ЭДС самоиндукции в соленоиде. 1,6 В
2. Катушка с числом витков N и площадью основания S помещена в однородное магнитное поле с индукцией B , направленное вдоль её оси. Какой ток возникнет в катушках, если магнитное поле выключить? Индуктивности катушек L_1 и L_2 , сопротивлением цепи пренебречь. Решить: $e_i + e_{c_1} + e_{c_2} = 0$ или через закон сохранения магнитного потока.



3. Катушка индуктивностью L подключена к источнику постоянного тока, ЭДС которого равна ε . Ключ K вначале разомкнут, и в момент времени $t = 0$ его замыкают. Найдите зависимость силы тока в цепи от времени. Омическим сопротивлением катушки, внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь. $I = \varepsilon \cdot t / L$



III. Аналогия между самоиндукцией и инерцией. Замкнутый контур, обладая определенной индуктивностью, приобретает электрическую инертность, заключающуюся в том, что любое противодействие изменению тока тем сильнее, чем больше индуктивность контура. Аналогия с разгоном автомобиля.

Формула для определения энергии магнитного поля тока:

Катушка индуктивности может запасть электрическую энергию! $W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi \cdot I}{2}$

Где сосредоточена эта энергия? Плотность энергии магнитного поля:

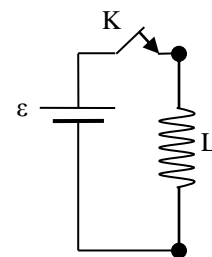
$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{\mu_0 N^2 S}{l} \right] \cdot \left[\frac{Bl}{\mu_0 N} \right]^2 = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} Sl \rightarrow u_L = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

Соединение катушек индуктивности:

1. **Последовательное:** $L = L_1 + L_2$; 2. **Параллельное:** $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$.

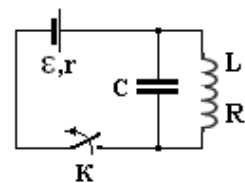
IV. Задачи:

1. На рисунке показана идеальная цепь, состоящая из источника ЭДС ε и катушки индуктивности L . Пусть полное сопротивление цепи равно нулю. Какой ток будет в цепи спустя 1 с после замыкания ключа, если $L = 0,1$ Гн, а $\varepsilon = 1,5$ В? Ответ: $I = 15$ А.



2. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,2$ Тл находится квадратный проводящий контур со стороной $a = 20$ см и током $I = 10$ А. Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол в 30° . Определите работу удаления контура за пределы поля. 0,07 Дж

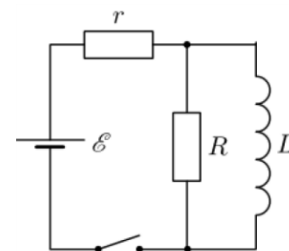
3. В схеме, показанной на рисунке, ключ K долгое время был замкнут. Найдите максимальное количество теплоты, которое может выделиться в катушке после размыкания ключа. $Q = \frac{(L + cR^2)\varepsilon^2}{2(R + r)^2}$



4. В неподвижной катушке энергия магнитного поля уменьшается в 32 раза за 0,17 с. Какова величина средней ЭДС самоиндукции, возникающей в этой катушке, если ее индуктивность 0,31 Гн, а первоначальный ток 15,2 А? 22,8 В

Олимпиада.

1. В схеме, изображенной на рисунке, $\varepsilon = 7$ В, $R = 6r$. После замыкания ключа происходит процесс установления режима постоянного тока. Найдите напряжение на катушке в момент, когда скорость изменения её энергии была максимальна. $U = \frac{\varepsilon R}{2(R + r)}$. 3 В.



По графику найти ток, когда скорость максимальна.

2. Для защиты отсека космического корабля от потоков заряженных частиц изготовили соленоид длиной $\ell = 5$ м и внутренним диаметром $D = 1,5$ м. Сколько энергии должны затратить солнечные батареи для получения в соленоиде поля индукции $B = 1$ Тл? Ответ: 0,7 МДж
3. Как изменится ответ, если в соленоид вставить соосный с ним сверхпроводящий свинцовый цилиндр той же длины диаметром $d = 1$ м, а силу тока в соленоиде поддерживать прежней? Затратами энергии на нагрев провода в обмотке соленоида можно пренебречь, поле в соленоиде считать однородным. Ответ: 0,39 МДж.

V. Вопросы (блиц):

1. Одним и тем же магнитом можно намагнитить большое количество стальных гвоздей. Благодаря какой энергии происходит их намагничивание?
2. При нагревании выше точки Кюри магнит размагничивается. Куда исчезает энергия магнитного поля?
3. При внесении внутрь соленоида железного сердечника энергия его магнитного поля возрастает в тысячи раз. За счет чего это происходит?
4. При сближении двух магнитов одноименными полюсами приходится совершать работу по преодолению силы отталкивания. На что тратится энергия?
5. Как изменяется энергия магнитного поля при приближении магнита к металлическому кольцу?
6. Какие явления нельзя объяснить электромагнитной индукцией?
 - Парение кольца из сверхпроводника над магнитом.
 - Искрение рубильника при размыкании электрической цепи.
 - Отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током.
 - Повреждение энергосистем во время солнечной бури.
 - Торможение радиальных пил магнитом.
7. Какую работу необходимо совершить, чтобы из сверхпроводящей катушки индуктивностью L с силой тока I удалить ферромагнитный сердечник с магнитной проницаемостью μ ?
8. Если вложить один в другой два соленоида с одинаковым модулем магнитной индукции, то полная запасенная ими энергия возрастет в два раза или станет равной нулю? Так ли это и почему?
9. Зачем при хранении дугообразного магнита его концы соединяют железным бруском (якорем)?

Разное

1. Определить силу тока, который генерируется в сверхпроводящем кольце из ниобия диаметром 2 см при мгновенном изменении индукции магнитного поля от 0,025 Тл до нуля. Индуктивность кольца $3 \cdot 10^{-8}$ Гн.
2. Ток в замкнутом накоротко сверхпроводящем соленоиде медленно изменяется вследствие несовершенства контакта. Создаваемое этим током магнитное поле уменьшается на 2 % за 1 час. Определите сопротивление контакта R , если индуктивность соленоида 1,0 Гн.

Олимпиада.

Занятие 5. Механические колебания.

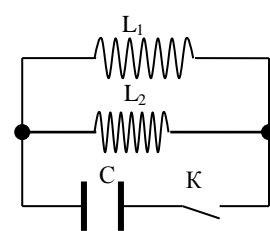
I. Вопросы (блиц):

1. Как ослабить силу индукционного тока, возникающего при размыкании цепи с большой индуктивностью?
2. Крестьянин, покупая товары, сначала уплатил первому купцу половину своих денег и еще 1 рубль; потом уплатил второму купцу половину оставшихся денег да еще 2 рубля и, наконец, уплатил третьему купцу половину оставшихся денег да еще 1 рубль. После этого денег у крестьянина совсем не осталось. Сколько денег было у крестьянина первоначально? 18
3. Определите энергию магнитного поля соленоида, индуктивность которого 0,02 Гн, а магнитный поток через него составляет 0,4 Вб. 4 Дж
4. В цепь батареи аккумуляторов последовательно включены обмотка электромагнита и лампа накаливания. В то время, когда электромагнит притягивает к себе груз, накал нити лампы уменьшается. Объясните явление.
5. Идеальную катушку и резистор последовательно соединили с батареей через ключ. Ключ замыкают. Чему будет равна сила тока, когда магнитная энергия в катушке достигнет максимума? Когда будет наибольшей скорость нагревания резистора?
6. В короткозамкнутой катушке с витками из сверхпроводящего металла течет ток $I = 100$ А. Индуктивность катушки $L = 1$ Гн. При повышении температуры сверхпроводник перешел в нормальное состояние. Какое количество теплоты Q выделилось в катушке? Ответ: 5 кДж
7. Нарисуйте схему с электромагнитным реле, которая бы предотвращала взрыв сверхпроводящего соленоида вследствие того, что какой-либо участок его обмотки утратил сверхпроводящие свойства.
8. Почему невозможно возбудить магнитное поле в веществе, которое находится в сверхпроводящем состоянии?

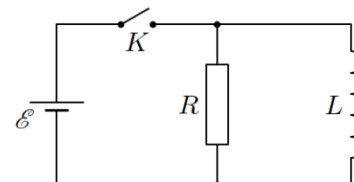
II. Задачи (блиц):

1. В цепи индуктивности катушек равны L_1 и L_2 , а конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 . Определите максимальные значения силы тока в катушках после замыкания ключа K . Сопротивлением катушек и соединительных проводов пренебречь.

$$I_{m2} = U_0 \sqrt{\frac{L_1 C}{L_2(L_1 + L_2)}}$$



2. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными. Параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа K ток в цепи отсутствовал. Ключ замыкают на некоторое время, а затем размыкают. Оказалось, что после размыкания ключа через катушку протек заряд q_0 . 1) Найдите ток через катушку сразу после размыкания ключа. $I_0 = \frac{q_0 R}{L}$. 2) Какой заряд протек через



источник за время, пока ключ был замкнут? $q = q_0 + \frac{q_0^2 R^2}{2L\varepsilon}$.

III. Пружинный маятник. Уравнение движения пружинного маятника:

$a_x = -\frac{k}{m}x = -\omega_{0n}^2 \cdot x$. **Математический маятник** – материальная точка,

подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Уравнение движения

математического маятника: $a_x = -\frac{g}{l}x = -\omega_{0m}^2 \cdot x$. Функция, удовлетворяющая

уравнению движения, имеет вид: $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$.

Амплитуда (A) - наибольшее отклонение от среднего значения величины, изменяющейся при колебаниях по гармоническому закону.

Период колебаний (T) - свойство гармонически колеблющегося объекта повторять свое движение через определенный промежуток времени, измеряемое часами в секундах.

Циклическая частота (ω) – отношение изменения фазы колебаний к промежутку времени, за который это изменение произошло: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$.

$$\omega_{0n} = \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Построение на доске графика смещения гармонически колеблющегося тела от времени (начальная фаза равна нулю), проекции скорости и проекции ускорения. $v_{max} = A\omega; a_{max} = A\omega^2$.

$$\omega_{0m} = \sqrt{\frac{g}{l}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Свободные колебания пружинного и нитяного маятников являются гармоническими.

IV. Задачи (блиц):

1. Материальная точка, совершающая гармонические колебания с периодом $T = 0,5$ с, в начальный момент времени $t = 0$ с имела смещение, равное $x_0 = 0,01$ м, и начальную скорость $v_0 = 2$ м/с. Определить амплитуду и начальную фазу колебаний. Ответ: $A = 0,16$ м; $\varphi_0 = -86^\circ$.

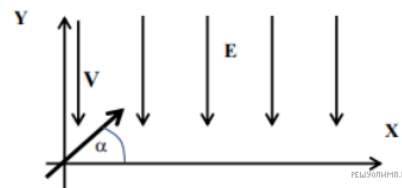
2. Посредине легкого горизонтального шнура длиной $2L$ закреплен маленький груз массой m . Считая натяжение шнура постоянным и равным F , найдите период колебаний груза. Силу тяжести не учитывать. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell}{2F}}$

3. Платформа совершает гармонические колебания в горизонтальном направлении с частотой $0,25$ Гц. На платформе лежит груз, коэффициент трения которого о платформу равен $0,1$. Какова может быть максимальная амплитуда колебаний платформы, чтобы груз не скользил по ней? $0,4$ м

Олимпиада.

1. Частица, покинув источник, пролетает с постоянной скоростью расстояние L , а затем тормозится с ускорением a . При какой скорости частицы время движения от ее вылета до остановки будет наименьшим? $v = (\ell \cdot a)^{1/2}$

2. В области пространства с плоской границей создано электрическое поле, векторы напряженности которого направлены перпендикулярно к границе, а их величина прямо пропорциональна расстоянию до границы. В эту область под некоторым углом α к границе влетает положительно заряженная микрочастица. Определите тангенс этого угла, если известно, что частица вылетела из области на расстоянии в 2 раза большем, чем максимальное расстояние, на которое



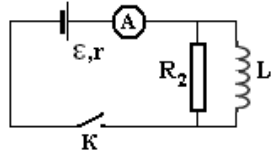
частица углубилась в область поля. Излучением и влиянием силы тяжести пренебречь. Колебания y .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V \cdot \sin \alpha}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{\omega \cdot L_1}{\left(\frac{\omega L_2}{\pi}\right)} = \pi \frac{L_1}{L_2}$$

Вопросы (блиц):

1. Что можно определить по графику движения при гармонических колебаниях?
2. Изменится ли период колебаний нитяного маятника от того, что его поместили в жидкость, вязкостью которой можно пренебречь?
3. В каком положении тангенциальное ускорение колеблющегося математического маятника равно нулю?
4. В каком положении нормальное ускорение колеблющегося математического маятника максимально?
5. Если поворачивать стул, на котором укреплен колеблющийся нитяной маятник, то он не изменяет плоскости своих колебаний. Как это объяснить?
6. Шарик подвешен на длинной нити. Первый раз его поднимают до точки подвеса и отпускают, второй раз его отклоняют на небольшой угол и тоже отпускают. В каком случае и во сколько раз быстрее шарик возвратится в начальное состояние?
7. Покажите, что конический и математический маятники одинаковой длины имеют равные периоды колебаний.
8. Пусть мембрана в трубке домашнего телефона совершает гармонические колебания с частотой 1 кГц и амплитудой $1,0 \cdot 10^{-4}$ м. Чему равна амплитуда ускорения мембраны?

Разное

1. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 0,15 м, частотой 25 Гц и начальной фазой $\pi/2$. Записать закон изменения смещения, проекции скорости и проекции ускорения точки. Построить графики.
 2. Электрическая цепь содержит источник тока, амперметр с сопротивлением $R_1 = 2,5$ Ом, резистор $R_2 = 7,5$ Ом и катушку индуктивности $L = 2,5$ мГн с пренебрежимо малым сопротивлением. Сила тока через амперметр сразу после замыкания ключа $I_1 = 0,2$ А, а когда ток перестает изменяться, амперметр показывает силу тока $I_2 = 0,4$ А. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока. 3 В. 5 Ом
- 
3. Катушка индуктивностью 0,3 Гн, намотанная толстым медным проводом, соединена параллельно с резистором сопротивлением R и подключена к источнику тока с ЭДС 4 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Какое количество теплоты выделится в катушке и резисторе после отключения источника тока?
 4. Определить полное ускорение a в момент времени $t = 3$ с точки, находящейся на ободе колеса радиусом $R = 0,5$ м, вращающегося согласно уравнению $\varphi = A \cdot t + B \cdot t^3$, где $A = 2$ рад/с; $B = 0,2$ рад/с³. 27,44 м/с²
 5. Гармонические колебания тела происходят по закону: $x = 5 \cdot \sin \pi t$, где x в сантиметрах. В некоторый момент t_1 времени $x = 2,5$ см. Определите проекцию скорости тела в этот момент времени.

Олимпиада.

Занятие 6. Превращения энергии при колебаниях.

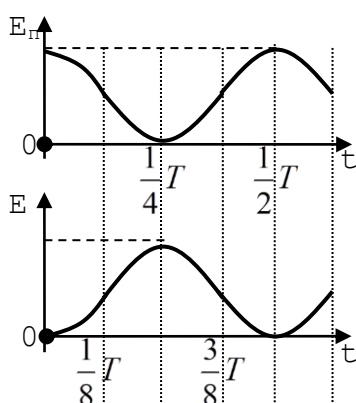
I. Вопросы (блиц):

1. Какова связь между максимальными значениями ускорения и скорости колеблющегося тела? Во сколько раз изменится частота колебаний автомобиля на рессорах после принятия груза, равного массе порожнего автомобиля?
2. Из пункта А и пункта Б одновременно навстречу друг другу начали движение велосипедист и пешеход. После их встречи велосипедист повернул обратно, а пешеход продолжил свой путь. Велосипедист вернулся в пункт А на 30 минут раньше пешехода, при этом его скорость была в 5 раз больше, чем у пешехода. Сколько времени затратил пешеход на путь из А в Б? 45 мин
3. В какие моменты времени проходит положение равновесия точка, совершающая колебания по закону синуса с периодом $T = 1$ с и начальной фазой $\varphi_0 = \pi/2$? $t_n = T/4 (2n-1)$, где $n = (1, 2, 3 \dots n)$
4. Изменится ли период колебаний нитяного маятника при погружении его в воду? Пружинного?
5. Как изменится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если их последовательное соединение заменить параллельным?
6. В какой точке ускорение колеблющегося нитяного маятника равно нулю?
7. Как изменяется угол между ускорением и скоростью тела при гармонических колебаниях математического маятника?
8. Как изменится период колебаний нитяного маятника, если штатив с маятником установить на наклонную плоскость с углом наклона 30° ?
9. Ускорение свободного падения на поверхности Марса $3,7 \text{ м/с}^2$. Как и во сколько раз изменится период колебаний математического и пружинного маятника на Марсе по сравнению с Землей?

II. Задачи (блиц):

1. Период колебаний математического маятника на экваторе сферической планеты в $n = 1,5$ раза больше, чем на ее полюсе. Найти период обращения планеты вокруг ее оси, если плотность вещества планеты $\rho = 3 \text{ г/см}^3$. 2,5 ч
2. Материальная точка массой $m = 20 \text{ г}$ совершает гармонические колебания по закону $x = 2 \cdot \cos(2\pi t + \pi/3)$ м. Определить проекцию силы, действующей на точку в момент времени $t = 10 \text{ с}$ после начала колебаний, и полную энергию точки. Ответ: $F_x = 0,79 \text{ Н}$; $W = 1,58 \text{ Дж}$.

III. Демонстрация колебаний горизонтального пружинного маятника. Мы совершили работу (растянули пружину) и пружина (аккумулятор) запасла энергию. Как будет изменяться потенциальная энергия пружины, если отпустить груз? А кинетическая энергия груза? Графики на доске.



$$E = E_K + E_{\Pi} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2};$$

$$E_{\Pi} = \frac{E}{2} \left(1 + \cos \frac{4\pi}{T} t\right); \quad E_K = \frac{E}{2} \left(1 - \cos \frac{4\pi}{T} t\right) - \text{ без вывода.}$$

Кинетическая и потенциальная энергии изменяются с

частотой 2ω , в два раза превышающей частоту колебаний! Поскольку полная энергия неизменна, то можно приравнять максимальные значения кинетической и потенциальной энергии. $\frac{k \cdot A^2}{2} = \frac{m \cdot v_{\max}^2}{2} \rightarrow v_{\max} = \omega \cdot A$.

Динамический подход: $ma_x = F_x = -kx$, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Энергетический подход: $\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = E = \text{const}$, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

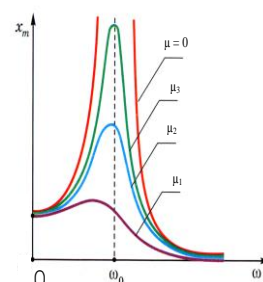
Свободные колебания в системе при наличии трения являются затухающими.

Вынужденные колебания: Горизонтальный пружинный маятник, на который действует внешняя периодическая сила: $ma_x = -kx + F \cos \omega t \rightarrow$

$x'' + \omega_0^2 x = \frac{F}{m} \cos \omega t$. Решение в виде $x = A \cos \omega t$. **Вынужденные колебания происходят с частотой внешней периодической силы!**

$$-A\omega^2 \cos \omega t + \omega_0^2 A \cos \omega t = \frac{F}{m} \cos \omega t \rightarrow A(\omega^2 - \omega_0^2) = \frac{F}{m} \rightarrow A = \frac{F}{m(\omega^2 - \omega_0^2)};$$

$\omega \rightarrow \omega_0, A \rightarrow \infty$. При наличии трения амплитуда колебаний конечна!



IV. Задачи (блиц):

1. Точка массы $m = 10$ г совершает гармоническое колебание. Написать уравнение гармонического колебательного движения, если максимальное ускорение точки $a_{\max} = 49,3$ см/с², период колебаний $T = 2$ с и смещение точки от положения равновесия в начальный момент времени $x_0 = 25$ мм. Написать уравнение для зависимости потенциальной энергии от времени.
2. В какой момент времени после прохождения через положение равновесия кинетическая энергия маятника станет равной его потенциальной энергии? $T/8$

Олимпиада.

1. Тонкий прямой стержень $L = 1$ м прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклонили на угол $\varphi = 60^\circ$ от положения равновесия и отпустили. Определите линейную скорость нижнего конца стержня v в момент прохождения через положение равновесия. 3,8 м/с
2. Небольшой станок массой 200 кг вибрирует при работе из-за неоднородности тяжелого маховика, имеющего частоту обращения 600 об/с. Чтобы снизить вибрацию перекрытия в цехе, в котором установлен станок, под станину положили упругую прокладку толщиной 10 см из материала с модулем упругости $3,1 \cdot 10^8$ Н/м². Площадь основания станины 2 м². $A_1 = 1,85 A_0$
3. Приведет ли установка прокладки к уменьшению вибраций перекрытия? Не лучше ли свинцово-резиновая опора - опорная конструкция, расположенная под основанием и выполненная из резины с центральным стержнем из мягкого металла (свинца)? $A_2 = 0,02 A_0$
4. Математический маятник длиной 50 см, выведенный из положения равновесия, отклонился при первом колебании на 5 см, при втором (в ту же сторону) – на 4 см. Найти коэффициент затухания маятника. $0,15$ с⁻¹

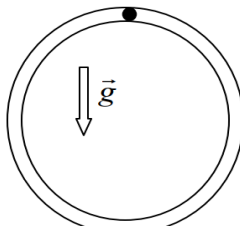
V. Вопросы (блиц):

1. Маятник совершает гармонические колебания. Каково соотношение между кинетической и потенциальной энергиями маятника через $1/8$ периода?
2. При отличающихся в 3 раза частотах вынужденных колебаний маятника их амплитуда одинакова. Во сколько раз отличаются их максимальные кинетические энергии в этих состояниях?
3. Груз колеблется вдоль оси x по закону: $x = 5\sin(3t - 0,1)$, где t в секундах, x в сантиметрах. Найти амплитудное значение скорости и ускорения груза.
4. На старых разъезженных грунтовых дорогах автомобиль может сильно раскачиваться. Почему это происходит?
5. Если к вертикальной пружине подвесить легкое ведро и равномерно капать в него с высоты воду из капельницы, то стаканчик вначале неподвижен, спустя некоторое время заметно раскачивается, а затем – успокаивается. Почему?
6. Почему при некоторой скорости автомобиля изображение в зеркале заднего вида «размывается»?

Разное

1. Математический маятник длиной $L = 0,5$ м, выведенный из положения равновесия, отклонился при первом колебании на $A_1 = 5$ см, а при втором (в ту же сторону) - $A_2 = 4$ см. найдите время релаксации τ . т.е. время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в e раз. 6,36 с

Олимпиада.

1. На столе стоит колесо в виде узкого полого однородного обруча прямоугольного (для устойчивости) сечения. Масса обруча M , его радиус R . С верхней точки внутри обруча начинает скатываться без трения небольшой, но массивный шарик массой m . Какую скорость приобретёт верхняя точка колеса к моменту, когда шарик окажется в нижней точке колеса? Движение колеса происходит без проскальзывания, сопротивления воздуха внутри обруча нет.  **Ответ:** $2\sqrt{\frac{2mgR}{M(1+\frac{M}{2m})}}$
2. Колебания точки происходят по закону $x = A_0 e^{-\beta t} \sin \omega t$. Найдите два момента времени, когда точка достигает крайних положений. Частота колебаний равна 1 Гц, коэффициент затухания β равен $0,628 \text{ с}^{-1}$.
Ответ: $t_n = (\arctg \omega/\beta + n\pi)/\omega$; 0,23 с и 0,73 с

Занятие 7. Свободные электромагнитные колебания.

I. Вопросы (блиц):

1. Чем больше холестерина откладывается в сосуде, тем артерия становится жестче и тем быстрее по ней распространяется пульсовая волна. Так ли это?
2. Некто имел 6 сыновей, каждый старше следующего на 4 года, а самый старший сын в 3 раза старше самого младшего. Сколько лет самому старшему сыну? 30 лет
3. Потенциальная энергия жидкости, вначале находящейся в одном из колен сообщающихся сосудов, вдвое больше, чем в положении равновесия. Докажите это. Куда же подевалась половина запасенной энергии?

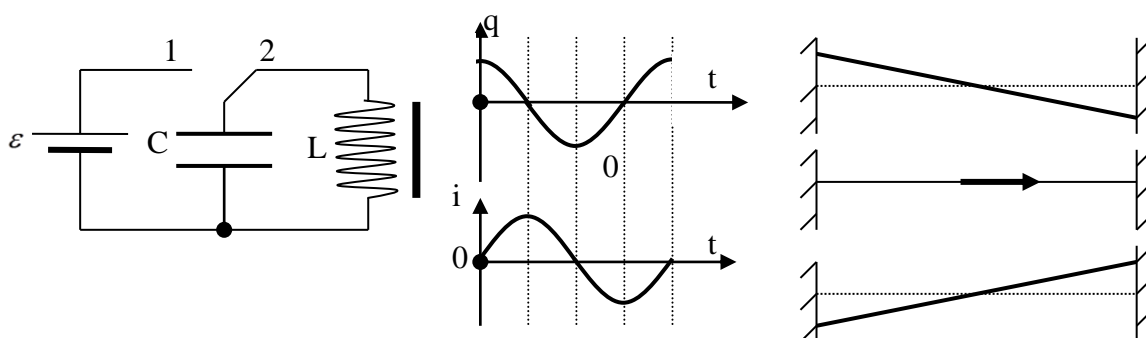
4. Какую форму должна иметь чашка, чтобы шарик, катящийся вверх-вниз по ее стенкам, в идеале мог бы совершать гармонические колебания?
5. На каких качелях проще раскачиваться: с верёвками или с металлическими штангами?
6. Если длину математического маятника уменьшать, когда он проходит положение равновесия, и увеличивать в те моменты, когда его отклонение максимально, то амплитуда колебаний маятника начнет возрастать. Почему?
7. Почему два нитяных маятника приблизительно одинаковой длины, подвешенные на горизонтально закрепленной нити, при колебаниях обмениваются энергией?
8. Чтобы отвести качели с сидящим на них человеком на большой угол, необходимо приложить большую силу. Почему же раскачать качели до такого же угла можно с помощью меньшего усилия?
9. Если к пружине придерживая подвесить груз и отпустить его, то в крайнем верхнем положении потенциальная энергия груза mgA , а пружины с грузом в положении равновесия $\frac{kA^2}{2}$. Почему?

II. Задачи (блиц):

1. Тело совершает гармонические колебания по закону $x(t) = x_m \cdot \cos \omega t$ с периодом $T = 20$ с и амплитудой $x_m = 50$ см. Какой путь прошло тело за первую секунду, за первые 5 с, за 40 с? 2,4 см. 50 см. 4 м.
2. На рабочий стол вибростенда, колеблющийся с частотой $\nu = 5$ Гц, поставлен для испытания системный блок персонального компьютера. При какой амплитуде колебаний блок не будет отрываться от поверхности рабочего стола? 1 см

III. Первый конденсатор - лейденская банка. Устройство конденсатора (повторение) и способы его зарядки. Как зависит величина заряда конденсатора от времени его зарядки; от его емкости; от ЭДС источника тока?

$$u = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \rightarrow U_{\max} = \varepsilon \rightarrow q_{\max} = CU_{\max} \rightarrow W_C = \frac{q_{\max}^2}{2C}.$$



Разряд конденсатора через проволочную катушку. Возрастание тока и убывание заряда конденсатора. Почему сила тока в катушке увеличивается достаточно медленно? В момент, когда конденсатор полностью разрядится, ток в катушке и энергия магнитного поля $W_L = \frac{LI_{\max}^2}{2}$ достигают максимального значения. В

произвольный момент времени: $W = \frac{q^2}{2c} + \frac{Li^2}{2}$. По какому примерно закону изменяется заряд конденсатора с течением времени; сила электрического тока в катушке (примерные графики на доске $q = q_{max} \cos \omega t \rightarrow i = -\frac{dq}{dt}; i = I_m \sin \omega t$); $I_m = q_m \omega$. Разряд конденсатора через катушку носит колебательный характер.

Вывести уравнение, описывающее процессы в колебательном контуре.

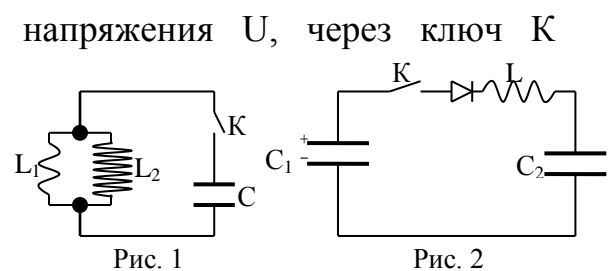
$-L \frac{di}{dt} = \frac{q}{C} \rightarrow q'' = -\frac{1}{LC} q \rightarrow q'' = -\omega^2 q$. Свободные электромагнитные колебания в контуре носят гармонический характер. **Формула Томсона:** $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Задачи (блиц):

- Заряд на обкладках конденсатора идеального открытого колебательного контура изменяется по закону $Q = 25 \cdot 10^{-9} \cdot \sin(2 \cdot 10^8 t + 0,9)$ Кл. Индуктивность контура 2 мГн. Определите:
 - закон изменения тока в контуре и значение тока в момент времени $t = 10^{-9}$ с. $-2,27$ А
 - определите емкость контура и закон изменения напряжений на индуктивности и емкости. $0,125 \cdot 10^{-13}$ Ф
 - максимальный запас энергии в контуре и закон изменения энергии конденсатора и индуктивности. 25 мДж
 - длину волны, излучаемой контуром, на несущей частоте. 9,86 м
- Имеются два колебательных контура с конденсаторами одинаковой емкости. Максимальная величина напряжения на конденсаторе второго контура во время свободных колебаний $U_{m2} = 120$ В. Максимальное значение силы тока I_{m1} в первом контуре в 3 раза меньше, а частота колебаний ω_1 в 2 раза больше, чем соответствующие величины I_{m2} и ω_2 во втором контуре. Найти максимальное значение напряжения U_{m1} на конденсаторе первого контура. Ответ: 20 В

Олимпиада.

- Конденсатор емкости C , заряженный до напряжения U , через ключ K подключен к двум катушкам с индуктивностями L_1 и L_2 (Рис. 1). Если замкнуть ключ K , то через некоторое время конденсатор полностью перезарядится. Какие заряды протекут через катушки за это время? $q_1 = \frac{2CUL_2}{L_1 + L_2}$



- Определить, во сколько раз отличаются амплитуды колебания через период. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 40$ мГн, конденсатора емкостью $C = 0,25$ мкФ. Сопротивление контура $R = 4,0$ Ом. 1,03
- Конденсатор емкостью $C_1 = 1$ мкФ заряжен до разности потенциалов 300 В. К нему через диод и большую индуктивность L подключен незаряженный конденсатор емкостью $C_2 = 2$ мкФ (Рис. 2). До какой разности потенциалов он зарядится после замыкания ключа K ? 200 В

IV. Вопросы (блиц):

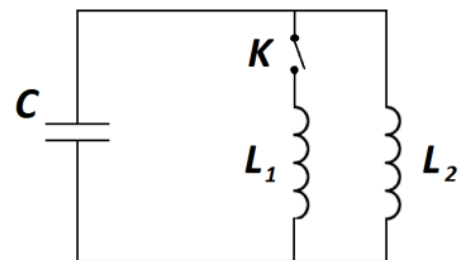
1. Пластины плоского конденсатора, включенного в колебательный контур, сближают. Как будет меняться при этом частота колебаний контура?
2. Конденсатор емкости $0,1 \text{ мкФ}$ разряжается через резистор сопротивлением $1 \cdot 10^6 \text{ Ом}$. Если начальное напряжение на конденсаторе равно 10 В , сколько примерно времени нужно, чтобы оно упало до 1 В ?
3. Конденсатор подключили к источнику тока с известными параметрами.
 - Чему равна сила тока в начальный момент времени?
 - Чему равно напряжение на конденсаторе в начальный момент времени?
 - Чему равно напряжение на конденсаторе после его зарядки?
 - Какая энергия запасена конденсатором в процессе его зарядки?
 - Какую работу совершил источник тока в процессе зарядки?
3. Конденсаторы в схемах включения люминесцентных ламп со временем высыхают от нагрева, и это изменяет частота пульсаций тока. Как?
4. Индуктивность колебательного контура минискателя образована проволочным кольцом. Когда это кольцо приближается к металлу, в телефонных наушниках высокий тон сменяется на низкий тон. Чем это объяснить?
5. Заряженный конденсатор подключают к соленоиду в сверхпроводящем состоянии.
 - Чему равна сила тока в начальный момент времени?
 - Чему равна скорость изменения тока в начальный момент времени и как она изменяется со временем?
 - Когда сила тока в цепи достигает максимального значения?

Разное

1. В некоторый момент сверхпроводящий соленоид объемом 40 см^3 подключают к высоковольтному конденсатору емкостью 100 мкФ , заряженному до напряжения 1 кВ . Известно, что при индукции магнитного поля в соленоиде $1,6 \text{ Тл}$ разрушается состояние сверхпроводимости материала, из которого выполнена обмотка соленоида. Определите, произойдет ли разрушение сверхпроводимости в описанном эксперименте.

Олимпиада.

1. Оценить время t_C , за которое после замыкания ключа зарядится конденсатор емкостью $C = 10 \text{ мкФ}$, включенный последовательно с резистором сопротивлением $R = 1 \text{ МОм}$. Установившееся значение разделить на скорость нарастания тока в начальный момент (можно среднюю) Ответ: 10 с
2. Оценить время t_L , за которое установится ток в цепи с катушкой индуктивности L и сопротивлением R после замыкания ключа. Установившееся значение разделить на скорость нарастания тока в начальный момент (можно среднюю) Ответ: $t_L = L/R$
3. В идеальном контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью $C = 2 \text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью $L_2 = 1 \text{ мГн}$, происходят незатухающие свободные гармонические колебания тока с амплитудой $I_{\max} = 5 \text{ мА}$. В тот момент времени, когда ток через катушку L_2 максимален, замыкают ключ K . Определите



максимальное напряжение на конденсаторе после этого. Индуктивность катушки $L_1=2$ мГн. 90 мВ.

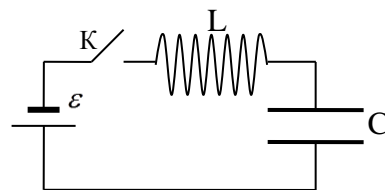
Занятие 8. Переменный ток.

I. Вопросы (блиц):

1. В колебательном контуре изменили начальную величину заряда на конденсаторе. Какие величины изменились от этого, а какие нет?
2. Средний из трех братьев старше младшего на 2 года, а возраст старшего брата на 4 года превышает сумму возрастов двух остальных братьев. Вместе братьям 96 лет. Сколько лет младшему брату? 22
3. Как изменится период колебаний в колебательном контуре, состоящем из плоского воздушного конденсатора и катушки индуктивности, если между обкладками конденсатора поместить металлическую пластину? Увел.
4. Почему в колебательном контуре колебания не прекращаются в тот момент, когда конденсатор полностью разрядится?
5. Что произойдет с периодом собственных колебаний в колебательном контуре, если его ёмкость увеличить в 3 раза, а индуктивность уменьшить в 3 раза?
6. Найти отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля для момента времени $t=T/8$, считая, что процессы происходят в идеальном колебательном контуре.
7. Колебания в электрическом контуре затухают. Значит, максимальная величина заряда на любой из пластин его конденсатора становится все меньше. Не противоречит ли это закону сохранения заряда?
8. Как изменяется период колебаний при их затухании (аналогия с шариком, который уронили на горизонтальную плиту)?
9. Входящий в колебательный контур плоский конденсатор таков, что его обкладки могут перемещаться одна относительно другой. Можно ли увеличить энергию колебаний в контуре посредством перемещения обкладок?
10. Что и как необходимо сделать, чтобы при неизменной индуктивности идеального колебательного контура уменьшить амплитуду колебаний напряжения на электрической емкости вдвое?

II. Задачи (блиц):

1. В схеме, изображенной на рисунке, ключ К замыкают. Найдите максимальный ток в цепи и максимальное напряжение на конденсаторе. Параметры схемы считать известными. Заряд конденсатора максимален, когда ток равен нулю! А ток? $U_{\max} = 2\varepsilon$.



$$I_0 = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L}}$$

2. В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью 1 мГн и активным сопротивлением 5 Ом и конденсатора емкостью 40 мкФ, происходят затухающие колебания. В некоторый момент времени амплитуда тока в контуре 0,1 А. Какое количество теплоты выделится в катушке от этого момента до полного затухания колебаний в контуре? 5 мкДж
3. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 5 мкФ и катушки индуктивностью 0,2 Гн. Определить максимальную силу тока в

контуре, если в начальный момент времени на обкладках конденсатора была максимальная разность потенциалов, равная 90 В. Написать закон изменения с течением времени силы тока в контуре и энергии электрического поля. $0,45 \text{ А}$; $i = 0,45 \text{ А} \sin(1000t)$; $W_E = 0,02 \cdot \cos^2(1000t) \text{ Дж}$.

III. Демонстрация действующей модели генератора переменного тока.

Принцип работы генератора (рисунок на доске).

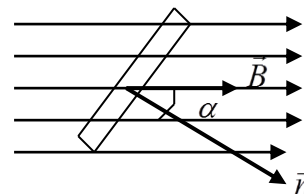
$$\Phi = B \cdot S \cos \alpha; \Phi_m = B \cdot S; \alpha = \omega t; \Phi = \Phi_m \cos \omega t.$$

Мгновенное значение ЭДС индукции:

$$e = -N\Phi' = NBS\omega \cdot \sin \omega t = \varepsilon_{\max} \sin \omega t. \quad \varepsilon_{\max} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega = \Phi_{\max} \cdot \omega -$$

амплитудное значение ЭДС. При разомкнутой внешней цепи $e = u = U_{\max} \sin \omega t$ - где U_{\max} - амплитудное значение

напряжения. Внешняя электрическая цепь. Переменный электрический ток. Фазовый сдвиг между силой тока и напряжением в цепи переменного тока (общий случай): $i = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$.



Активное сопротивление (R) - сопротивление в цепи переменного тока, на котором выделяется энергия. Фазовые соотношения между силой тока и напряжением на активном сопротивлении. На активном сопротивлении сила тока и напряжение совпадают по фазе.

IV. Задачи (ближ):

1. Сила тока в проводнике сопротивлением 100 Ом за 50 с равномерно нарастает от 5 А до 10 А . Определить заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за это время, а также количество теплоты, которое выделится за это время на резисторе. 375 Кл . 292 кДж .
2. Неоновая лампа включена в цепь переменного тока промышленной частоты напряжением 127 В , а напряжение зажигания лампы равно 84 В . Определите продолжительность вспышек неоновой лампы и время между ними. Считать напряжение зажигания лампы равным напряжению гашения. $6,9 \text{ мс}$. $3,1 \text{ мс}$.
3. Рамка из железной проволоки сечением $4,00 \text{ мм}^2$, помещена в магнитное поле, величина индукции которого изменяется по закону $B = B_0 \cdot \sin(2\pi\nu)t$, где $B_0 = 40,0 \text{ мТл}$ и $\nu = 25 \text{ Гц}$. Плоскость рамки площадью $36,0 \text{ см}^2$ расположена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Какой максимальный ток индуцируется в рамке? $3,77 \text{ А}$
4. Сила тока в цепи имеет вид прямоугольных импульсов длительностью $t = 2 \text{ мкс}$ и амплитудой $I_{\max} = 100 \text{ мА}$. Частота следования импульсов $n = 200 \text{ кГц}$. Найти действующее значение I силы тока. Ответ: 63 мА

Олимпиада.

1. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$ нарастает в течение времени $t = 2 \text{ с}$ по линейному закону от $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 6 \text{ А}$. Определите количество теплоты Q_1 , выделившееся в этом проводнике за первую секунду, и Q_2 - за вторую, а также найдите отношение этих количеств теплоты Q_2/Q_1 .
 $Q_1 = 60 \text{ Дж}$, $Q_2 = 420 \text{ Дж}$, $Q_2/Q_1 = 7$.
2. Тонкое кольцо радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет равномерно распределенный заряд $Q = 0,1 \text{ мкКл}$. На перпендикуляре к плоскости кольца, восстановленном из его середины, находится точечный заряд $q = 10 \text{ нКл}$. Расстояние от заряда до

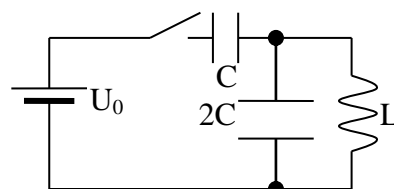
центра кольца $L = 20$ см. Определить силу взаимодействия заряда и кольца. Определите так же значение параметра L , при котором эта сила максимальна. 0,16 мН, 7,1 см.

V. Вопросы (блиц):

1. Почему в розетке нет плюса и минуса?
2. Для измерения магнитного поля Земли используется магнитометр, который состоит из проволочной рамки, приводимой в равномерное вращение с помощью электродвигателя. Объясните принцип его действия.
3. С какой частотой будет вспыхивать неоновая лампочка, включённая в сеть переменного тока частотой 50 Гц?
4. Магнитный поток через замкнутый контур изменяется по закону синуса. По какому закону изменяется возникающая в этом контуре переменная ЭДС?
5. Проводник размещен между полюсами сильного дугообразного магнита. Что будет происходить с проводником, если пропустить через него переменный ток промышленной частоты?
6. Будет ли проходить ток через электролитическую ванну с медным купоросом, если ее подключить к источнику переменного напряжения? Станет ли выделяться на электродах медь?

Разное

1. Найдите максимальное напряжение на верхнем конденсаторе и максимальный ток через катушку. Сопротивление батарейки и проводов считать небольшим. $C = 1$ мкФ, $L = 1$ Гн, $U_0 = 10$ В.



Олимпиада.

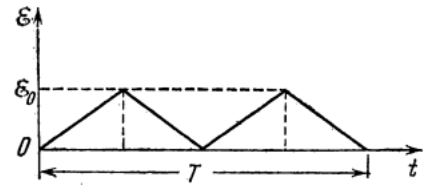
Занятие 9. Закон Ома для цепи переменного тока.

I. Вопросы (блиц):

1. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии электропередачи, если действующее значение напряжения 430 кВ?
2. Было 9 листов бумаги. Некоторые из них разрезали на 3 части. Всего стало 15 листов (маленьких и больших). Сколько листов разрезали? 3
3. Циклическая частота переменного тока 100π рад/с. Определить период и частоту переменного тока.
4. Сколько витков в рамке площадью 500 см^2 , если при вращении её с частотой 20 об/с в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл, амплитудное значение ЭДС индукции равно 63 В?
5. Тепловой вольтметр, включённый в цепь переменного тока, показывает 220 В. Найти максимальное напряжение в цепи.
6. Что вы теперь знаете о действующем, амплитудном и мгновенном значении переменного тока?
7. Как понимать выражение «течет ток» в случае постоянного и переменного тока?
8. Каковы, по вашему мнению, недостатки люминесцентных ламп дневного света?
9. Почему для резистора не имеет значения, как меняется напряжение?

II. Задачи (блиц):

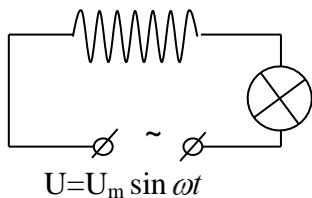
1. Переменная ЭДС изменяется по закону, график которого изображен на рисунке. Найдите действующее значение ЭДС. $\varepsilon = \varepsilon_0/\sqrt{3}$
2. Квадратная рамка со стороной 2,00 см, состоящая из 100 витков, расположена в магнитном поле так, что нормаль в рамке образует угол 60° с направлением поля. Величина магнитной индукции поля изменяется с течением времени по закону: $B = B_0 \cos(\omega t)$, где $B_0 = 0,20$ Тл, $\omega = 314$ мин⁻¹. Определить значение ЭДС индукции в рамке в момент времени 4,00 с. 18 мВ
3. Магистр Шаак Ти вращает круглый диэлектрический люк от шагохода диаметром 0,5 м с проводящим поясом, идущем по окружности люка, вокруг одного из его диаметров в магнитном поле с индукцией 0,3 Тл, направленном перпендикулярно оси вращения. Определить максимальную ЭДС, возникающую в проводящем поясе, и силу тока в нем, если сопротивление пояса 2,5 Ом, а раскрутила люк Шаак Ти до частоты вращения 150 оборотов в минуту. 0,92 В; 0,37 А



III. Конденсатор в цепи постоянного тока. Замкнем обкладки конденсатора накоротко. Оказывает ли конденсатор сопротивление переменному току? Да! Емкостное сопротивление. Демонстрация зависимости емкостного сопротивления от электроемкости конденсатора и от частоты переменного тока: $X_c = \frac{1}{\omega C}$

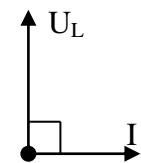
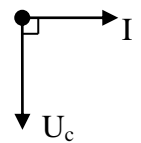
Векторная диаграмма электрической цепи с чисто емкостным сопротивлением. **Применения конденсатора**

Демонстрация зависимости индуктивного сопротивления катушки от индуктивности катушки и от частоты переменного тока $X_L = \omega \cdot L$



Закон Ома для участка цепи переменного тока с индуктивным сопротивлением (в качестве индикатора использовать лампочку).

$$I = \frac{U_L}{X_L} \quad I_{\max} = \frac{U_{\max L}}{X_L}$$



Электрическая цепь переменного тока, содержащая последовательно соединенные активное сопротивление, конденсатор и катушку индуктивности. Векторная диаграмма электрической цепи (рисунок на доске). $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$ - экспериментальная проверка формулы.

Закон Ома для данной цепи переменного тока:

Фазовый сдвиг между силой тока и напряжением:

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Резонанс в электрической цепи переменного тока.

Резонансная частота: $\nu_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Резонанс в электрической цепи наблюдается при совпадении частоты внешней переменной ЭДС с собственной частотой колебательного контура.

IV. Задачи (блиц):

1. Лампочка от карманного фонаря (3,5 В, 0,28 А) включается в городскую осветительную сеть. Какова должна быть емкость конденсатора, чтобы лампочка горела нормальным накалом? 4 мкФ
2. Какая индуктивность должна быть соединена последовательно с электрической лампочкой (110 В, 60 Вт), если она должна нормально гореть, когда вся цепь будет присоединена к сети 220 В, 50 Гц? 1,1 Гн
3. Катушка индуктивностью $L = 75$ мГн включена последовательно с конденсатором переменной емкости в сеть переменного тока с напряжением $U_m = 310$ В и с частотой $\nu = 50$ Гц. Чему равна емкость C конденсатора, при которой амплитуда тока I_m в полученной цепи максимальная? Ответ: 135 мкФ
4. Конденсатор ёмкостью $C = 5$ мкФ и проводник сопротивлением $R = 150$ Ом включены последовательно в цепь переменного тока с напряжением $u = 120$ В и частотой $\nu = 50$ Гц. Определить амплитудное и действующее значение силы тока, сдвиг фаз между током и напряжением, а так же выделяющуюся в цепи мощность. $I_m = 0,258$ А, $I = 0,183$ А, $\varphi = 76,8^\circ$, $P = 5,1$ Вт.

Олимпиада.

1. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону: $i = 10A \sin 50\pi \cdot t$. Найти заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время, равное половине периода. Количество теплоты, которое выделит данный ток на резисторе сопротивлением 20 Ом за период. 0,127 Кл; 20 Дж
2. Если конденсатор залит диэлектрической жидкостью, обладающей некоторой проводимостью, то такой конденсатор эквивалентен некоторой емкости C , зашунтированной некоторым сопротивлением R . Какой сдвиг фазы между силой тока и напряжением вызывает включение такого конденсатора в цепь переменного тока частоты ν ? $\operatorname{tg} \varphi = 2\pi\nu CR$

V. Вопросы (блиц):

1. Конденсатор переменной емкости включен в цепь переменного тока последовательно с лампочкой от карманного фонаря. Как изменяется накал лампочки, если: а) не меняя емкости конденсатора, увеличивать частоту переменного тока; б) не меняя частоту, увеличивать емкость конденсатора?
2. Почему конденсатор нагревается в цепи переменного тока, особенно на больших частотах?
3. Почему у катушек с ферритовыми сердечниками большая магнитная проницаемость и малые потери на больших частотах?
4. Для регулирования силы тока в цепях постоянного тока часто применяют реостаты, а для регулирования силы тока в цепях переменного тока - дроссели. Почему это делается?
5. Допустимо ли в цепь переменного тока напряжением 220 В включить конденсатор, напряжение пробоя для которого равно 250 В?
6. Лампа включена последовательно с конденсатором в сеть переменного тока. Как изменится накал лампы, если в сеть включить еще один такой же конденсатор параллельно первому?
7. Почему фазовый сдвиг периодического сигнала при его передаче по кабелю зависит от его частоты, а также от сопротивления, индуктивности и емкости

кабеля? Любой периодический сигнал можно разложить в ряд Фурье, то есть представить, как сумму синусоид с различными частотами и амплитудами.

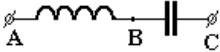
Разное

3. Рассчитайте допустимую для вашей квартиры потребляемую мощность, если действующее значение переменного напряжения в сети 220 В, потери напряжения на подводящих проводах не должны превышать 5 В, а общее сопротивление пары подводящих проводов в стандартных жилых домах 0,5 Ом. Все нагрузки считать активными.

Олимпиада.

Занятие 10. Трансформатор.

I. Вопросы (блиц):

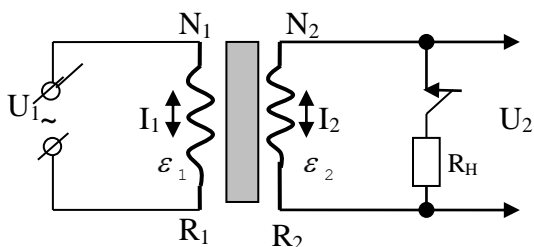
1. Электрическая лампа подключена последовательно с конденсатором к сети переменного тока. Как изменится накал лампы, если конденсатор будет пробит и цепь в этом месте замкнется?
 2. У отца спросили, сколько лет его двум сыновьям. Отец ответил, что если к произведению чисел, означающих их годы, прибавить сумму этих чисел, то будет 14. Сколько лет его младшему сыну? $x+y(1+x) = 14$ (годы целые) ответ 2 года
 3. В цепь переменного тока последовательно включены электрическая лампочка, конденсатор и катушка индуктивности без сердечника. При постепенном введении в катушку сердечника лампочка сначала стала гореть ярче, а затем накал ее нити уменьшился. Почему?
 4. По участку ABC протекает синусоидальный ток. На участке АВ эффективное напряжение равно 100 В, а на участке ВС равно 20 В. Найти эффективное напряжение на участке AC. 80 В
- 
5. Конденсатор и идеальная катушка индуктивности соединены последовательно и подключены к источнику регулируемого переменного напряжения. В каком случае сила тока в цепи не зависит от величины напряжения?
6. Как достичь резонанса в цепи переменного тока, не изменяя индуктивности и емкости в цепи?
7. Миноискатель представляет собой генератор незатухающих электромагнитных волн звуковой частоты. Индуктивность контура выполнена в нем в виде проволочного кольца. Когда кольцо, перемещаемое по поверхности земли, приближается к mine или другому металлическому предмету, в телефонных наушниках высокий тон сменяется низким тоном. Как это объяснить?

II. Задачи (блиц):

1. Последовательно с электроплиткой в городскую сеть подключили катушку индуктивности, при этом мощность плитки упала в два раза. Найдите индуктивность катушки, если активное сопротивление плитки 50 Ом. 0,16 Гн
2. Для уменьшения мощности 10-киловаттного промышленного нагревателя, рассчитанного на эксплуатацию в сети 220 В переменного тока, последовательно со спиралью включили дроссель индуктивностью 0,1 Гн и собственным активным сопротивлением 2 Ом. Какова теперь мощность нагревателя, если он в своей конструкции не содержит других реактивных элементов? 2 кВт

III. Как его получить? Генератор постоянного тока. Однополупериодная и мостиковая схема выпрямления.

Трансформатор – устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.



Если магнитный поток изменяется сквозь замкнутый контур по гармоническому закону $\phi = \Phi_{\max} \cos \omega t$, то в контуре возникает переменная ЭДС $e = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$, где $\varepsilon_{\max} = NBS\omega$, а $\varepsilon = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$. Поскольку

обмотки трансформатора

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} = k.$$

расположены на одном сердечнике, то:

$$\text{Основные формулы: } U_1 = I_1 R_1 + \varepsilon_1; \quad \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_2 R_H; \quad U_2 = I_2 R_H.$$

Основные режимы работы трансформатора:

1. Холостой ход. Измерение коэффициента трансформации: $k = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$.

2. Режим нагрузки (вторичная обмотка замкнута через нагрузку). Основные

$$\text{формулы: } P_1 \approx P_2 \rightarrow \varepsilon_1 I_1 = \varepsilon_2 I_2; \quad \eta = \frac{P_H}{P_1} 100\% = \frac{I_2 U_2}{I_1 \varepsilon_1} 100\% = \frac{U_2}{\varepsilon_2} 100\%.$$

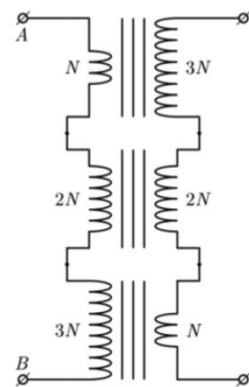
IV. Задачи (блиц):

1. Понижающий трансформатор включен в сеть напряжением 1 кВ и потребляет от сети мощность 400 Вт. Каков КПД трансформатора в %, если сила тока во вторичной обмотке 3,8 А, коэффициент трансформации равен 10? 95%
2. Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 95 витков, пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем через один виток по закону $\Phi = 0,01 \text{ Вб} \cdot \sin(100 \pi t)$. Напишите формулу, выражающую зависимость ЭДС во вторичной обмотке от времени. $\varepsilon_2 = 298 \text{ В} \cdot \cos(100 \pi t)$
3. Трансформатор для игрушечной железной дороги превращает 120 В в 6 В. Если сопротивление цепи поезда равно 10 Ом, чему равно эффективное сопротивление в первичной обмотке трансформатора? 4 кОм
4. Школьник Владислав проводит опыты с трансформатором и источником питания, который выдаёт переменное напряжение $U(t) = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 12 \text{ В}$. Трансформатор имеет две обмотки с двумя выводами у каждой. Число витков первой обмотки равно N , второй обмотки — $3N$. Переменные напряжения с какими амплитудами может получить Владислав с помощью данного оборудования? Для каждого значения амплитуды напряжения нарисуйте соответствующую схему соединений. $0, U_0, 3U_0, 4U_0, U_0/3, 4U_0/3, U_0/4, 3U_0/4, 2U_0, 2U_0/3, U_0/2, 3U_0/2$

Олимпиада.

1. Напряжение на первичной обмотке трансформатора $U_1 = 120 \text{ В}$ и сила тока в ней $I_1 = 0,5 \text{ А}$. Ко вторичной обмотке подсоединена лампа, сила тока в которой $I_2 = 3 \text{ А}$, а напряжение на ней $U_2 = 10 \text{ В}$. КПД трансформатора $\eta = 0,7$. Найти сдвиг фазы между силой тока и напряжением в первичной обмотке.

2. В лаборатории решили изготовить три трансформатора с одинаковыми сердечниками. На каждый из сердечников намотали по $4N$ витков провода, по-разному распределив их между первичными и вторичными обмотками трансформаторов. Три полученных трансформатора соединили в цепь, схема которой показана на рисунке. На вход цепи (контакты А и В) подали гармоническое напряжение, а к выходу цепи никакой нагрузки не подключили. Каким может быть для этой цепи отношение амплитуды выходного напряжения к амплитуде входного напряжения? Влиянием обмоток соседних трансформаторов друг на друга можно пренебречь. 1 : 7, 2 : 7 или 5 : 7



V. Вопросы (блиц):

1. Изменяется ли мощность тока при преобразовании его в трансформаторе?
2. Почему сердечники трансформаторов должны легко перемагничиваться и не должны проводить электрический ток?
3. Имеется два одинаковых трансформатора с 220 В на 12 В. Можно ли их соединить так, чтобы получить 6 В?
4. У трансформатора для электрического звонка число витков первичной обмотки 660. Напряжение сети 220 В. Вторичная обмотка имеет три вывода на три напряжения: 3, 5, 8 В. Определить число витков вторичной обмотки и, где в ней сделаны ответвления на зажимы?
5. Где используются трансформаторы?
6. Почему при разомкнутой вторичной обмотке потребляемая трансформатором энергия минимальна? Чем она определяется?
7. Зависит ли ЭДС в первичной и вторичной обмотке трансформатора от того, в каком режиме он работает?
8. Какие бывают трансформаторы?
9. Как будет изменяться накал сигнальной лампочки, включенной последовательно (параллельно) первичной обмотке трансформатора при увеличении тока во вторичной обмотке?
10. Почему при геомагнитных бурях наиболее уязвимы понижающие трансформаторы?

Разное

1. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 5 включен в сеть с напряжением 220 В. Определить КПД трансформатора, если потерь энергии в первичной обмотке не происходит, а напряжение на вторичной обмотке 42 В. (95%)
2. Первичная обмотка трансформатора имеет 2400 витков. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка, чтобы при напряжении на ее зажимах 11 В передавать нагрузке мощность 22 Вт? Сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом. Напряжение в сети 380 В. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь. 71
3. Мощность, потребляемая трансформатором, $P = 100$ Вт, а напряжение на зажимах вторичной обмотки $U_2 = 50$ В. Определите силу тока I_2 во вторичной обмотке, если КПД трансформатора $\eta = 0,8$. 1,6 А

Олимпиада.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский и др.; Ред. А.В. Перышкин. – М.: Просвещение, 1984.
2. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
3. В.А. Касьянов. Физика. 10, 11 кл. – М.: Дрофа, 2002.
4. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе. - М.: Просвещение, 1972.
5. В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. - М.: Просвещение, 1972.
6. Д. Джанколи. Физика. - М.: Мир, 1989.
7. А.А. Найдин. Использование обобщающих таблиц при формировании понятий. Физика в школе, 3 (1989).
8. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
9. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
10. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн.– М; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2010 г.
15. А.А. Найдин. Система задач из одной задачи?! //ИД "Первое сентября", газета "Физика", № 8, 2011 г.
16. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
17. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
18. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
19. Физика. 10—11 кл.: Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / С.М. Козел, В. А. Коровин, В. А. Орлов. — М.: Мнемозина, 2001. — 254 с.: ил.
20. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. <https://naidin.ru>