



Решение качественных задач

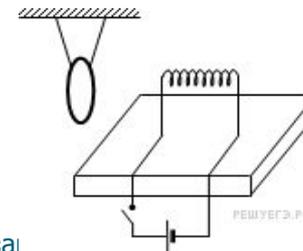
в 11 классе МБОУ Останкинской СШ
Учитель физики: Истомина М.В.





(вариант1, 2011г), вариант6, 2012

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ



- Замкнутое медное кольцо подвешено на длинных нитях вблизи катушки индуктивности, заи подключенной к источнику постоянного тока (см. рисунок).
- Первоначально электрическая цепь катушки разомкнута. Как будет двигаться кольцо при замыкании цепи? Ответ поясните, используя физические закономерности.
- **Решение**
 1. При замыкании цепи катушки начинает изменяться поток вектора магнитной индукции через кольцо. По закону электромагнитной индукции в кольце возникает ЭДС индукции, появляется индукционный ток. В соответствии с правилом Ленца взаимодействие токов в кольце и в катушке приводит к тому, что кольцо отталкивается от катушки.
 2. Затем кольцо возвращается в исходное положение, т.к. индукционный ток препятствует возможным колебаниям кольца на нитях.
 3. Индукционный ток в неподвижном кольце вблизи катушки с постоянным током равен нулю, магнитные свойства меди выражены слабо, поэтому, вернувшись в исходное положение равновесия, кольцо остается неподвижным.

электромагнетизм

С 1 Грибник ушёл от дороги далеко в лес и заблудился. Компаса у него не было, погода была облачная, солнца не видно, а без ориентации по сторонам света найти дорогу к своему автомобилю было невозможно. Тут он вспомнил, что в кармане у него есть противобликовые автомобильные очки, покрытые поляроидной плёнкой. Он вышел на поляну, достал очки и стал их поворачивать вокруг оптической оси очковых стёкол, глядя сквозь них на небо в разных направлениях. Через небольшое время он смог определить направление на солнце.

Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, смысл его действий при таком способе ориентирования.

Решение.

1. Электромагнитные волны (свет от солнца) являются поперечными волнами, в которых векторы напряжённости \vec{E} электрического и индукции \vec{B} магнитного полей направлены взаимно перпендикулярно и перпендикулярно направления распространения этих волн.
2. При облачной погоде до грибника на поляне доходит не прямой свет от солнца, а свет, прошедший через облака и сохраняющий поляризацию света от солнца.
3. Если смотреть в направлении солнца, то свет от облаков, как и свет солнца, не имеет выделенного направления светового вектора \vec{E} , то есть не поляризован.
4. В направлении, перпендикулярном направлению на солнце, прошедший через облака солнечный свет наиболее поляризован, так как векторы \vec{E} и \vec{B} лежат в плоскости, перпендикулярной лучу света от солнца и проходящей через луч зрения.
5. Вращая очки (то есть поляроидную пленку) вокруг их оптической оси, можно заметить, в каком направлении интенсивность пропущенного ими света сильнее всего меняется, - это будет направление, перпендикулярное лучам света от солнца.

электромагнетизм

С 1 К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν . Электроёмкость C конденсатора колебательного контура можно плавно менять от минимального значения C_{min} до максимального C_{max} , а индуктивность его катушки постоянна. Ученик постепенно увеличивал ёмкость конденсатора от минимального значения до максимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

Решение.

В колебательном контуре источником тока возбуждаются вынужденные колебания. Частота этих колебаний равна частоте источника ν . Амплитуда же зависит от соотношения между внешней частотой и частотой собственных электромагнитных колебаний $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. По мере увеличения внешней частоты от нуля до ν_0 , амплитуда растёт. Она

достигает максимума при резонансе, когда $\nu = \nu_0$. После этого амплитуда начинает убывать. В данном случае, ученик меняет не внешнюю частоту, а частоту собственных электромагнитных колебаний. При плавном увеличении ёмкости контура от минимального значения C_{min} до максимального C_{max} , частота уменьшается от $\nu_{0,max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{min}}}$ до

$\nu_{0,min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{max}}}$. Из того факта, что амплитуда все время увеличивалась, можем сделать вывод, что частота ν_0

все время приближалась к частоте источника тока, при этом $\nu < \nu_{0,min}$.

электромагнетизм

С 1 К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν . Индуктивность L катушки колебательного контура можно плавно менять от минимального значения L_{min} до максимального L_{max} , а емкость его конденсатора постоянна. Ученик постепенно увеличивал индуктивность катушки от минимального значения до максимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

Решение.

В колебательном контуре источником тока возбуждаются вынужденные колебания. Частота этих колебаний равна частоте источника ν . Амплитуда же зависит от соотношения между внешней частотой и частотой собственных электромагнитных колебаний $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. По мере увеличения внешней частоты от нуля до ν_0 амплитуда растет. Она

достигает максимума при резонансе, когда $\nu = \nu_0$. После этого амплитуда начинает убывать. В данном случае, ученик меняет не внешнюю частоту, а частоту собственных электромагнитных колебаний. При плавном увеличении индуктивности контура от минимального значения L_{min} до максимального L_{max} частота уменьшается от

$\nu_{0,max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{min}C}}$ до $\nu_{0,min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{max}C}}$. Из того факта, что амплитуда все время увеличивалась, можем сделать

вывод, что частота ν_0 все время приближалась к частоте источника тока, при этом $\nu < \nu_{0,min}$.

электромагнетизм

С 1 Электрические вакуумные лампы накаливания со спиральной вольфрамовой нитью накала имеют довольно ограниченный срок службы, обычно не превышающий 1000 часов. В процессе длительной работы на внутренней поверхности стеклянной колбы лампы появляется чёрный налёт. Лампы, проработавшие довольно долго, обычно перегорают в момент включения, когда на них подаётся напряжение.

Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, причину образования налета на стенках колбы и перегорание ламп в момент их включения.

Решение.

1. Для повышения излучения света в видимом диапазоне длин волн рабочую температуру нити накала приходится максимально увеличивать, приближаясь к температуре плавления вольфрама.
2. При этом вольфрам постепенно испаряется, и его пары конденсируются на холодных внутренних стенках вакуумированной стеклянной колбы лампы, создавая на них чёрный металлический налёт. Нить накала за счёт её испарения постепенно (и неравномерно) истончается и в некоторый момент перегорает.
3. Сопротивление нити не является величиной постоянной. Оно зависит от температуры. В момент включения, когда лампочка холодная, нить имеет минимально сопротивление, а следовательно, в момент включения возникает большой ток, который и может привести к перегоранию (в тонком месте нить расплавится).
4. Заполнение колбы тяжёлым инертным газом сильно замедляет (по сравнению с вакуумированной колбой) процесс диффузии испарившихся атомов вольфрама и способствует их осаждению обратно на нить накала после выключения напряжения, что замедляет истончение нити и повышает срок службы ламп.

электромагнетизм

С 1 Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи К в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведённых опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

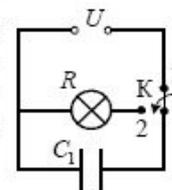


Рис. а

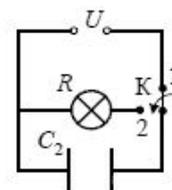


Рис. б

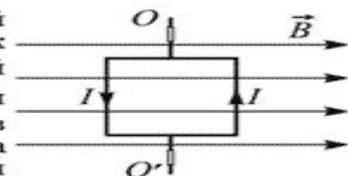
Решение.

При переводе ключа из положения 1 в положение 2 конденсатор очень быстро разрядится через лампу. Яркость вспышки лампы зависит от величины тока протекающей через неё. Следовательно, чем больший заряд накопится в конденсаторе, тем ярче будет вспышка. Заряд на конденсаторе $q = CU$. Следовательно, чем больше ёмкость, тем больше заряд на конденсаторе. Ёмкость плоского конденсатора рассчитывается по формуле $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$, где S — площадь пластин конденсатора, а d — расстояние между пластинами. Значит, ёмкость конденсатора a больше ёмкости конденсатора b . В силу того, что оба конденсатора заряжаются от одинаковых источников постоянного напряжения, заряд, накопленный на конденсаторе a , будет больше заряда, накопленного на конденсаторе b . Следовательно, и вспышка лампы для системы a будет ярче.

c1

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

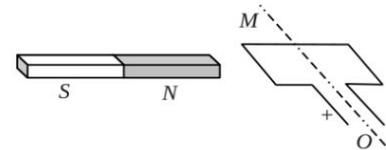
C1 Медная прямоугольная рамка, по которой протекает постоянный электрический ток силой I , может вращаться вокруг вертикальной оси OO' , закрепленной в подшипниках. При вращении рамки на нее со стороны подшипников действуют силы вязкого трения. Опираясь на законы электродинамики и механики, опишите и объясните движение этой рамки после включения однородного магнитного поля с индукцией \vec{B} (см. рисунок).



Решение: В однородном магнитном поле на правую и левую стороны рамки начнут действовать равные по модулю, но противоположно направленные силы Ампера. Сила, действующая на правую сторону рамки, будет направлена перпендикулярно плоскости рисунка "от нас"; сила, действующая на левую сторону рамки, будет направлена перпендикулярно плоскости рисунка "на нас". На верхнюю и нижнюю стороны рамки магнитные силы действовать не будут. Силы, действующие на правую и левую стороны рамки, будут поворачивать рамку, стремясь установить ее плоскость перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Поворачиваясь под действием этих сил, рамка будет разгоняться, и поэтому, повернувшись на угол 90° , она будет обладать некоторой скоростью. По этой причине рамка не остановится, а по инерции продолжит вращаться в том же направлении. Но теперь силы Ампера будут замедлять вращение рамки и она, в конце концов, остановится и под действием сил Ампера начнет вращаться в обратном направлении. Таким образом, возникнут колебания рамки. Из-за действия сил вязкого трения эти колебания будут постепенно затухать. В итоге, когда они окончательно затухнут, рамка окажется в положении устойчивого равновесия, при котором плоскость рамки будет перпендикулярна вектору \vec{B} .

электромагнетизм

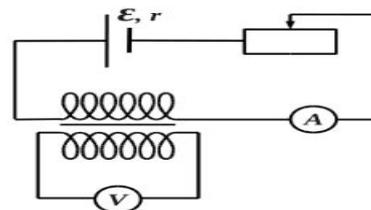
- *Вариант 4, 2012 (вариант 6, 2013), вариант 6, 2014*



- Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.
- **Решение:**
- 1) **Ответ:** Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу. 2) Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера A_1 , направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера A_2 , направленная вниз.
- Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси MO по часовой стрелке. 3) Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера A_1 и A_2 обеспечивают равновесие рамки на оси MO .

электромагнетизм

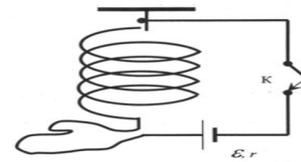
- **Вариант3, 2012 (вариант5, 2013), вариант 5, 2014**
- На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции пренебр



Решение:

- **1. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. Примечание: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (Когда движок придет в крайнее левое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю).**
- **2. При перемещении ползунка влево сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I R r = + \varepsilon$, где R – сопротивление внешней цепи.**
- **3. Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.**
- **4. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}} = - \Delta \Phi / \Delta t$ во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.**

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ



- Вариант1, 2012г (вариант4, 2013), вариант 4, 2014
Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний виток пружины подключается к источнику тока через ключ K , а нижний - с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа K ?

Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения ■

- **решение**
- 1) Пружина сожмется, её длина уменьшится.
- 2) До замыкания ключа пружина находится в состоянии равновесия, в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, уравнивают силу тяжести, действующую на виток.
- 3) При замыкании ключа K по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины токи потекут сонаправленно. Проводники с сонаправленными токами притягиваются друг к другу. В результате будет достигнуто новое состояние равновесия (пружина станет короче), в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, будут уравнивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на виток.