

Задачи для самостоятельной работы

Закон Кулона. Напряженность. Принцип суперпозиции для электростатического поля.

Потенциал. Работа электрического поля. Связь напряженности и потенциала.

1. Расстояние между двумя точечными зарядами 2 нКл и -3 нКл , расположенными в вакууме, равно 20 см . Определить напряженность электростатического поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от первого заряда на расстояние 15 см и от второго заряда на расстояние 10 см .
2. Четверть тонкого кольца радиусом 10 см несет равномерно распределенный заряд $0,05 \text{ мкКл}$. Определить напряженность электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O , совпадающей с центром кольца.
3. Кольцо радиусом 5 см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью 14 нКл/м . Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца, в точке, удаленной на расстояние 10 см от центра кольца.
4. Точечные заряды 30 мкКл и -20 мкКл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Определить напряженность электрического поля в точке, удаленной от первого заряда на расстояние 30 см , а от второго - на 15 см .
5. Тонкий стержень длиной 20 см несет равномерно распределенный заряд $0,1 \text{ мкКл}$. Определить напряженность электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке A , лежащей на оси стержня на расстоянии 20 см от его конца.
6. Кольцо радиусом 5 см из тонкой проволоки несет равномерно распределенный заряд 10 нКл . Определить потенциал поля в центре кольца.
7. Заряд q распределен равномерно по сфере радиуса R . Определить энергию электрического поля, локализованную в сферическом слое внутренним радиусом $2R$ и внешним радиусом $4R$ вокруг заряда.
8. По тонкому диску радиусом R равномерно распределен заряд q . Найти потенциал в точке на расстоянии $2R$ от плоскости диска на его оси.
9. Электростатическое поле создается бесконечно длинным цилиндром, радиусом 7 мм , равномерно заряженным с линейной плотностью 15 нКл/м . Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии 1 см и 2 см от поверхности цилиндра.
10. Тонкий стержень длиной 10 см несет равномерно распределенный заряд $0,2 \text{ мкКл}$. Определить разность потенциалов двух точек электрического поля, расположенных на оси стержня на расстоянии 10 см и 20 от его конца.

Теорема Остроградского-Гаусса в интегральной и дифференциальной формах.

1. На двух концентрических сферах радиусами R и $2R$ распределены заряды с поверхностными плотностями $+4\sigma$ и -2σ . Найти зависимость напряженности электрического поля от расстояния.

2. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами R и $2R$ равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями $+2\sigma$ и $-\sigma$. Найти зависимость напряженности электрического поля от расстояния.
3. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями $+2\sigma$ и $-\sigma$. Найти зависимость напряженности электрического поля от расстояния.
4. Шар радиусом R имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит от расстояния до центра шара по закону $\rho=br$, где $b=\text{const}$. Найти напряженность поля E внутри и вне шара как функцию расстояния r .
5. Шар радиусом R имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит от расстояния до центра шара по закону $\rho=ar^2$, где $a=\text{const}$. Найти напряженность поля E внутри и вне шара как функцию расстояния r .
6. Потенциал некоторого поля имеет вид $\varphi = \frac{a}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$, где a – постоянная величина. Потенциал некоторого поля имеет вид $\varphi = axz$, где a – постоянная величина, x, z – координаты. Найти вектор напряженности \vec{E} и его модуль E .
7. Пользуясь теоремой Остроградского-Гаусса, найти напряженность E поля внутри и вне бесконечной пластинки толщиной $2a$, равномерно заряженной с объемной плотностью ρ .

Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Расчет емкости системы проводников.

1. Сферический конденсатор состоит из двух концентрических сфер радиусами 5 см и 6 см. пространство между пластинами заполнено маслом ($\epsilon=2,2$). Определить емкость конденсатора. Шар какого радиуса, помещенный в масло, обладает такой емкостью?
2. Конденсаторы емкостью 5 мкФ и 10 мкФ заряжены до напряжений 60 В и 100 В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.
3. Конденсатор емкостью 10 мкФ заряжен до напряжения 10 В. Определить заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, незаряженный, конденсатор емкостью 20 мкФ.
4. Конденсаторы емкостью 5 мкФ и 10 мкФ заряжены до напряжений 60 В и 100 В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.
5. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость 10^5 м/с. Расстояние между пластинами 8 мм. Найти: 1) разность потенциалов между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда на пластинах.
6. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов 500 В. Площадь пластин 200 см^2 , расстояние между ними 1,5 мм. После отключения конденсатора от источника напряжения пространство между

пластинами внесли парафин ($\epsilon=2$). Определить разность потенциалов между пластинами после внесения диэлектрика.

7. Два плоских воздушных конденсатора одинаковой емкости соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов 300 В. Определить разность потенциалов этой системы, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнено слюдой ($\epsilon=7$).

8. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов 500 В. Площадь пластин 200 см^2 , расстояние между ними 1,5 мм. После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли парафин ($\epsilon=2$). Определить емкость конденсатора до и после внесения диэлектрика.

9. Электрон, начавший движение без начальной скорости, прошел разность потенциалов 10 кВ и влетел в пространство между пластинами плоского конденсатора, параллельно пластинам. Напряжение на конденсаторе 100 В, расстояние между пластинами 2 см, длина пластин 20 см. На сколько сместится след электрона на экране, отстоящем от конденсатора на 0,5 м?

10. Шару радиусом R_1 сообщили заряд q_1 , а шару радиусом R_2 заряд q_2 . Расстояние между шарами много больше их радиусов. Найти поверхностные плотности зарядов на шарах, если шары соединить тонкой металлической проволокой.

Постоянный электрический ток. Законы постоянного тока. Закон Ома для участка цепи и полной цепи. Правила Кирхгофа.

1. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = 5e^{-0,5t}$. Какое количество заряда проходит через поперечное сечение проводника за время 2 с? При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника за это же время проходит такое же количество заряда?

2. ЭДС батареи 80 В, внутреннее сопротивление 5 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 100 Вт. Определить силу тока в цепи, напряжение, под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление.

3. ЭДС батареи 24 В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, 10 А. Определить максимальную мощность, которая может выделяться во внешней цепи.

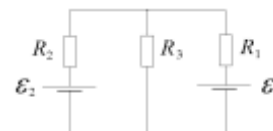
4. За 20 с при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике сопротивлением 5 Ом выделилось количество теплоты 4 кДж. Определить скорость нарастания силы тока, если сопротивление проводника 5 Ом.

5. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0 \sin \omega t$. Найти заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за время t , равное половине периода T , если начальная сила тока равна 10 А, циклическая частота равна π .

6. Определить: 1) э.д.с.; 2) внутреннее сопротивление r источника тока, если во внешней цепи при силе тока 4 А развивается мощность 10 Вт, а при силе тока 2 А мощность 8 Вт.

7. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора, если при токе в 4 А он отдает во внешнюю цепь мощность 7,2 Вт, а при токе 6 А - мощность 9,6 Вт.

8. В схеме $\varepsilon_1 = 10$ В, $\varepsilon_2 = 5$ В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $R_3 = 40$ Ом. Определить ток, текущий через сопротивление R_1 .



Индукция магнитного поля. Принцип суперпозиции.

1. По двум бесконечно длинным параллельным проводам проходят токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Найти магнитную индукцию поля в точке, удаленной от первого провода на 25 см, а от второго на 40 см.

2. По двум бесконечно длинным параллельным проводам проходят токи в одном направлении, причем $I_1 = 4I_2$. Расстояние между ними равно a . Определить положение точек, в которых индукция магнитного поля равна нулю.

3. Тонкий диск из диэлектрика, радиус которого 50 см, равномерно заряжен зарядом 5,0 Кл. Диск вращается вокруг своей оси со скоростью 10 рад/с. Найти магнитную индукцию поля в центре диска.

4. Определить индукцию магнитного поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного прямого провода, по которому проходит ток I , в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии r от центра. Длина отрезка b .

5. По тонкому проводу, согнутому в виде квадратной рамки со стороной a проходит ток I . Определить магнитную индукцию поля в точке, равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное его стороне.

6. По бесконечно длинному изогнутому проводнику проходит ток 100 А. Найти магнитную индукцию поля в точке A , если 100 мм.

7. Прямой проводник длиной 0,2 м и весом 0,05 Н подвешен горизонтально на двух легких нитях в однородном магнитном поле, вектор напряженности которого горизонтален и перпендикулярен проводнику. Какой силы ток нужно пропустить через проводник, чтобы нити разорвались? Напряженность магнитного поля $3,2 \cdot 10^3$ А/м. Каждая нить разрывается при нагрузке 0,039 Н.

8. Плоское диэлектрическое кольцо, внешний и внутренний радиусы которого R_1 и R_2 , равномерно заряжено зарядом q и вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Определить магнитный момент, обусловленный вращением кольца.

9. По тонкому кольцу радиусом 10 см равномерно распределен заряд с линейной плотностью 50 нКл/м. Кольцо вращается относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр, с частотой 10 с⁻¹. Определить магнитный момент, обусловленный вращением кольца.

10. Диск радиусом 8 см несет равномерно распределенный по поверхности заряд 100 нКл/м². Определить магнитный момент, обусловленный вращением диска, относительно оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости диска. Угловая скорость вращения диска 60 рад/с.

**Законы электромагнитной индукции и самоиндукции. Правило Ленца.
Индуктивность, взаимная индуктивность, время релаксации в R - L -цепи.
Энергия магнитного поля.**

1. В однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,8$ Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью $\omega=15$ рад/с. Площадь рамки $S=150$ см². Ось вращения расположена в плоскости рамки и составляет с направлением поля угол $\alpha=30^\circ$. Найти максимальную ЭДС индукции во вращающейся рамке.
2. В однородном магнитном поле, индукция которого B , перпендикулярно к его линиям вращается с угловой скоростью проводящий стержень длиной L . Определить напряжение U , индуцируемое между концами стержня. Определить напряженность поля сторонних сил.
3. Квадратная проволочная рамка со стороной a и длинный прямой провод с постоянным током I лежат в одной плоскости (смотри рисунок). Сопротивление рамки равно R . Рамку повернули на 180° вокруг оси OO' , отстоящей от провода с током на расстоянии b . Определить электрический заряд q , возникший в рамке. Явление самоиндукции в контуре не рассматривать.
4. На катушку сопротивлением $R=10$ Ом и индуктивностью $L=58$ мГн подается постоянное напряжение. Через какое время ток I в катушке достигнет величины, равной половине установившегося значения?
5. Катушка имеет сопротивление $R=10$ Ом и индуктивность $L=144$ мГн. Через какое время t после включения постоянного напряжения в катушке будет проходить ток, равный половине его установившегося значения?
6. Магнитное поле увеличивается пропорционально времени по закону $B=kt^2$, где $k=10$ Тл/с². Какое количество теплоты выделится в рамке, имеющей форму квадрата со стороной $a=1$ м за время $t=2$ с? Рамка сделана из провода, поперечное сечение которого $s=1,0$ мм², а удельное сопротивление $\rho=2,9 \cdot 10^{-6}$ Ом м. Плоскость рамки расположена перпендикулярно к направлению поля. Самоиндукцией рамки пренебречь.
7. Катушка состоит из $N=200$ витков провода площадью $S=12$ см² каждый и помещена в однородное магнитное поле так, что ее ось совпадает с направлением поля. Катушка включена в цепь баллистического гальванометра, Сопротивление катушки и гальванометра $R = 5,0$ кОм. Определить магнитную индукцию B поля, если при быстром повороте катушки на угол $\alpha=180^\circ$ вокруг ее диаметра через гальванометр проходит электрический заряд $q=2,0$ мкКл.
8. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи пошел заряд 50 мкКл. Определить изменение магнитного потока через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра 10 Ом.
9. Рамка, содержащая 200 витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки 50 см². Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ($0,05$ Тл). Определить максимальную ЭДС, которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой 40 с⁻¹.

10. По катушке индуктивностью 8 мкГн течет ток 6 А. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре, если сила тока изменится практически до нуля за время 5 мс.

Колебательный контур. Свободные электрические колебания. Превращение энергии при колебаниях

1. Катушка, индуктивностью которой $L=30$ мкГн, присоединена к плоскому конденсатору. Площадь каждой пластины $S=100$ см², расстояние между ними $d=0,1$ мм. Определить диэлектрическую проницаемость ϵ среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на монохроматическую электромагнитную волну, длина которой $\lambda=750$ м.

2. Определить частоту колебаний, возникающих в колебательном контуре, состоящем из параллельно соединенных конденсатора емкостью 300 пФ и катушки индуктивности (без сердечника) длиной 20 см, сечением 2 см², содержащей 1000 витков. Определить длину электромагнитной волны, излучаемую контуром.

3. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C=8$ пФ и катушку индуктивностью $L=0,5$ мГн. Сопротивлением контура пренебречь. Каково максимальное напряжение U_0 на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в конденсаторе $I_0=40$ мА? Написать в явном виде зависимости тока и напряжения в цепи от времени и построить графики этих зависимостей. Активным сопротивлением контура пренебречь. При $t=0$, $I=0$.

4. В электрическом колебательном контуре происходят гармонические колебания с периодом T . Определить минимальный промежуток времени, в течение которого ток в цепи изменяется от $+I_0$ до $-I_0/2$, где I_0 - амплитуда колебаний тока. Сделать рисунок.

5. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L=100$ мГн и конденсатора емкостью $C=100$ пФ. Сколько времени проходит от момента, когда конденсатор полностью разряжен, до момента, когда его энергия вдвое превышает энергию катушки? Активным сопротивлением катушки пренебречь. Сделать рисунок.

6. В электрическом колебательном контуре происходят гармонические колебания. При значении заряда на конденсаторе q_1 ток в цепи I_1 , а если заряд равен q_2 - ток равен I_2 . Найти амплитуду колебания заряда на конденсаторе q_0 .

7. Изменение разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре происходит в соответствии с уравнением $U=50\cos 10^4\pi t$. Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность контура, закон изменения силы тока со временем и длину волны.

8. Колебательный контур содержит плоский конденсатор площадью пластин $S=150$ см², расстояние между которыми $d=1,5$ мм, и катушку индуктивностью $L=0,2$ мГн. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите диэлектрическую проницаемость ϵ диэлектрика, заполняющего пространство

между пластинами конденсатора, если контур резонирует на волну длиной $\lambda = 663$ м.

Затухающие и вынужденные электрические колебания. Законы Ома для переменного тока. Резонанс

1. Найти промежуток времени τ , за который амплитуда колебаний силы тока в контуре с добротностью $Q=5000$ уменьшается в 2 раза, если частота свободных колебаний в контуре $\nu_0 = 2,2$ МГц.
2. Емкость колебательного контура $C=10$ мкФ, индуктивность $L=25$ мГн и активное сопротивление $R=1$ Ом. Через сколько колебаний N амплитуда силы тока в контуре уменьшится в 5 раз?
3. В контуре, добротность которого $Q=50$ и собственная частота $\nu_0=5,5$ кГц, возбуждаются затухающие колебания. Через какое время τ энергия, запасенная в контуре, уменьшится в 3 раза?
4. Колебательный контур имеет емкость $C=1,1$ нФ и индуктивность $L=5$ мГн. Логарифмический декремент затухания контура $\lambda=0,005$. За какое время t теряется вследствие затухания 99% энергии контура?
5. В сеть переменного тока напряжением $U_0=220$ В и частотой $\nu=50$ Гц включены последовательно емкость $C=10$ мкФ, индуктивность $L=0,6$ Гн и активное сопротивление $R=60$ Ом. Найти амплитуды силы тока I в цепи, напряжения на емкости U_C , на индуктивности U_L и на активном сопротивлении U_R . Определить разность фаз между током и внешним напряжением. Построить векторную диаграмму.
6. Цепь последовательно соединенных конденсатора емкостью C , сопротивления R , катушки индуктивностью L подключена к генератору синусоидального напряжения, частоту которого можно изменять при постоянной амплитуде. Определить частоту, при которой максимальна амплитуда напряжения на катушке индуктивности. Активным сопротивлением подводящих проводов пренебречь.
7. Цепь, содержащая последовательно соединенные конденсатор и катушку с активным сопротивлением, подключена к источнику гармонического напряжения, частоту которого можно изменять, не изменяя амплитуды напряжения. При циклических частотах ω_1 и ω_2 амплитуды напряжения на индуктивности оказались равными. Найти резонансную частоту.

Электромагнитные волны.

Связь электрического и магнитного поля. Скорость, плотность энергии, интенсивность волн.

1. В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью, равной 2, и магнитной проницаемостью, равной 1, распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны

50 В/м . Найти амплитуду напряженности магнитного поля и фазовую скорость волны.

2. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Определите амплитуду напряженности электрического поля волны, если амплитуда H_0 напряженности магнитного поля волны равна 5 мА/м .

3. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с $\varepsilon = 2$ и $\mu = 1$. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 12 \text{ В/м}$. Определите: 1) фазовую скорость волны; 2) амплитуду напряженности магнитного поля волны.

4. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна 10 В/м . Определить амплитуду напряженности магнитного поля волны.

5. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет 50 мВ/м . Определить интенсивность волны I .

6. Скорость распространения электромагнитных волн в некоторой среде составляет $\nu = 250 \text{ Мм/с}$. Определите длину волны электромагнитных волн в этой среде, если их частота в вакууме $\nu_0 = 1 \text{ МГц}$.

7. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряженности электрического поля которой 100 В/м . Какую энергию переносит эта волна через площадку 50 см^2 , расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны, за 1 мин? Период волны $T \ll t$.

8. Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью, равной 1, имеет вид $E = 10 \sin(6,28 \cdot 10^8 t - 4,19x)$. Определить диэлектрическую проницаемость среды и длину волны.