

Тема 1. Электрическое поле в вакууме. Принцип суперпозиции

- 1.1. Расстояние между точечными зарядами $q_1=2$ нКл и $q_2=-2$ нКл равно $d=20$ см. Определить напряженность электрического поля, созданного этими зарядами в точке, находящейся на расстоянии $r_1=15$ см от первого и $r_2=10$ см от второго заряда.
- 1.2. Точечный заряд $q=40$ нКл находится на расстоянии $a=30$ см от бесконечной проводящей заземленной плоскости. Определить силу, действующую на заряд со стороны плоскости.
- 1.3. Кольцо радиусом $R=5$ см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью $\tau=14$ нКл/м. Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно к его плоскости, в точке, удаленной на расстояние $h=10$ см от центра.
- 1.4. Определить напряженность электрического поля в центре полукольца радиусом $R=10$ см, равномерно заряженного зарядом $q=20$ нКл.
- 1.5. Металлический шарик массой $m=10$ г, несущий электрический заряд $q=20$ мкКл, подвешен на изолирующей нити. При внесении его в однородное горизонтальное электрическое поле нить отклонилась на угол $\alpha=45^\circ$. Определить напряженность электрического поля.
- 1.6. В вершинах квадрата со стороной $a=5$ см находятся одинаковые положительные заряды $q=2$ нКл. Определить напряженность электрического поля в середине одной из сторон.
- 1.7. Два точечных заряда $q_1 = 2q$ и $q_2 = -q$ находятся на расстоянии $d=10$ см друг от друга. Определить положение точки, в которой напряженность равна нулю.
- 1.8. Точечный заряд $q=40$ нКл находится на расстоянии $a=30$ см от бесконечной проводящей заземленной плоскости. Определить напряженность электрического поля в точке, лежащей на середине перпендикуляра, опущенного от заряда на плоскость.
- 1.9. На отрезке тонкого прямого проводника длиной $l=10$ см равномерно распределен заряд линейной с плотностью $\tau=2$ мкКл/м. Определить напряженность электрического поля в точке, лежащей на оси проводника на расстоянии $a=10$ см от ближайшего конца проводника.
- 1.10. Два маленьких металлических шарика массой $m=5$ г каждый подвешены на изолирующих нитях длиной $l=50$ см так, что они касаются друг друга. После сообщения каждому шарику одинакового заряда нити отклонились от вертикали на угол $\alpha=30^\circ$. Определить величину заряда q , сообщенного каждому шарику.

Тема 2. Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса

- 2.1. Электрическое поле создано точечным электрическим зарядом $q=200 \text{ нКл}$. На расстоянии $r=1 \text{ м}$ от точечного заряда находится небольшая круглая площадка радиусом $R=1 \text{ см}$, плоскость которой составляет угол $\alpha=30^\circ$ с силовой линией электрического поля. Найти поток Φ_E вектора напряженности через площадку.
- 2.2. На металлической сфере радиусом $R=15 \text{ см}$ находится электрический заряд величиной $q=2 \text{ нКл}$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до центра сферы.
- 2.3. Электрический заряд равномерно распределен с объемной плотностью $\rho=100 \text{ нКл}/\text{м}^3$ по области имеющий вид шара радиусом $R=5 \text{ см}$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до центра шара.
- 2.4. Система представляет собой прямую бесконечно длинную нить, заряженную с линейной плотностью $\tau=-10 \text{ нКл}/\text{м}$, и соосную с ней бесконечно длинную цилиндрическую поверхность радиуса $R=5 \text{ см}$, по которой равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma=50 \text{ нКл}/\text{м}^2$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до оси системы.
- 2.5. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд $\sigma=1 \text{ нКл}/\text{м}^2$. Определить напряженность электрического поля между пластинами и вне пластин.
- 2.6. В однородном электрическом поле находится небольшая квадратная площадка со стороной $a=2 \text{ см}$, нормаль к которой составляет угол $\alpha=60^\circ$ с силовыми линиями электрического поля. Найти напряженность E электрического поля, если поток вектора напряженности через площадку составляет $\Phi_E=400 \text{ мВ}\cdot\text{м}$.
- 2.7. Точечный электрический заряд величиной $q_1=2 \text{ нКл}$ окружен концентрической сферой радиусом $R=10 \text{ см}$, по которой равномерно распределен электрический заряд величиной $q_2=-1 \text{ нКл}$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до центра системы.
- 2.8. Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами $R_1=6 \text{ см}$ и $R_2=12 \text{ см}$ несут соответственно электрические заряды $q_1=-1 \text{ нКл}$ и $q_2=0,5 \text{ нКл}$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до центра системы.
- 2.9. Две коаксиальные заряженные цилиндрические поверхности радиусами $R_1=2 \text{ см}$ и $R_2=8 \text{ см}$ несут соответственно электрические заряды с поверхностной плотностью $\sigma_1=12 \text{ нКл}/\text{м}^2$ и $\sigma_2=4 \text{ нКл}/\text{м}^2$. Построить график зависимости напряженности E электростатического поля от расстояния r до оси системы.
- 2.10. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд $\sigma_1=2 \text{ нКл}/\text{м}^2$ и $\sigma_2=-1 \text{ нКл}/\text{м}^2$. Определить напряженность электрического поля между пластинами и вне пластин.

Тема 3. Электрическое поле в вакууме. Потенциал

- 3.1. Кольцо радиусом $R=5$ см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью $\tau=14$ нКл/м. Определить потенциал электрического поля на оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно к его плоскости, в точке, удаленной на расстояние $h=10$ см от центра.
- 3.2. На плоском кольце внутренним радиусом $R_1=80$ см и внешним радиусом $R_2=1$ м равномерно распределен электрический заряд с поверхностной плотностью $\sigma=10$ нКл/м². Определить потенциал электрического поля в центре кольца.
- 3.3. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид $\phi = a(y^3 - 3yx^2)$, где $a=1$ В/м³. Найти модуль напряженности электрического поля в точке с координатами $x=0,5$ м, $y=0,5$ м.
- 3.4. Электрическое поле создано бесконечно длинной цилиндрической поверхностью радиусом $R=10$ см, заряженной с поверхностной плотностью $\sigma=40$ нКл/м². Построить график зависимости потенциала ϕ электрического поля от расстояния r до оси системы.
- 3.5. Электрон движется вдоль прямой, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Кольцо имеет радиус $R=3$ см и электрический заряд $q=20$ нКл. Какую скорость должен иметь электрон на большом удалении от кольца, чтобы от смог преодолеть кольцо?
- 3.6. Определить потенциал электрического поля в центре полукольца радиусом $R=10$ см, равномерно заряженного зарядом $q=20$ нКл.
- 3.7. На отрезке тонкого прямого проводника длиной $l=10$ см равномерно распределен заряд линейной с плотностью $\tau=2$ мКл/м. Определить потенциал электрического поля в точке, лежащей на оси проводника на расстоянии $a=10$ см от ближайшего конца проводника.
- 3.8. Потенциал электрического поля, создаваемого системой зарядов, имеет вид $\phi = a(x^2 - y^2)$, где $a=1$ В/м². Найти модуль напряженности E электрического поля в точке с координатами $x=0,5$ м, $y=1$ м.
- 3.9. Электрическое поле создано сферой радиусом $R=10$ см, заряженной с поверхностной плотностью $\sigma=40$ нКл/м². Построить график зависимости потенциала ϕ электрического поля от расстояния r до центра сферы.
- 3.10. В вершинах квадрата со стороной $a=4$ см находятся заряды $q=1$ нКл. Какую скорость приобретет протон, если он, двигаясь из центра квадрата вдоль прямой, перпендикулярной плоскости квадрата, пройдет расстояние $s=1$ см.

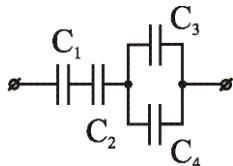
Тема 4. Электрическое поле в среде. Поле электрического диполя и поле в диэлектриках

- 4.1. Определить напряженность и потенциал электрического поля, созданного точечным диполем с электрическим дипольным моментом равным $p=1 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ в точке, удаленной от него на расстояние $r=15 \text{ см}$, если угол между направлением дипольного момента и направлением на данную точку равен $\alpha=45^\circ$.
- 4.2. Два точечных диполя с электрическими моментами $p_1=1 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ и $p_2=4 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ находятся на расстоянии $d=2 \text{ см}$ друг от друга. Найти силу их взаимодействия, если оси диполей лежат на одной прямой.
- 4.3. Диполь с электрическим моментом $p=75 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ свободно устанавливается в однородном электрическом поле напряженностью $E=80 \text{ кВ/м}$. Вычислить работу, необходимую для того, чтобы повернуть диполь на угол $\alpha=90^\circ$.
- 4.4. Металлический шар радиусом $R=5 \text{ см}$ окружен равномерно слоем фарфора ($\epsilon=5$) толщиной $d=2 \text{ см}$. Определить поверхностную плотность σ'_2 связанных зарядов на внешней поверхности диэлектрика. Заряд q шара равен 10 нКл .
- 4.5. Определить диэлектрическую восприимчивость χ стекла, помещенного во внешнее электрическое поле напряженностью $E_0=5 \text{ МВ/м}$ и обладающего поляризованностью $P=37,9 \text{ мкКл/м}^2$.
- 4.6. Определить напряженность и потенциал электрического поля, созданного точечным диполем с электрическим дипольным моментом равным $p=20 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ в точке, лежащей на оси диполя и удаленной от него на расстояние $r=1 \text{ м}$.
- 4.7. На расстоянии $r=30 \text{ см}$ от точечного электрического заряда величиной $q=100 \text{ нКл}$ находится точечный диполь с электрическим моментом $p=5 \text{ пКл}\cdot\text{м}$, свободно установившийся в электрическом поле заряда. Найти силу взаимодействия заряда и диполя.
- 4.8. Диполь с электрическим моментом $p=75 \text{ пКл}\cdot\text{м}$ свободно установился в однородном электрическом поле напряженностью $E=9 \text{ кВ/м}$. Определить изменение потенциальной энергии диполя при повороте его на угол $\alpha=45^\circ$.
- 4.9. Эбонитовая ($\epsilon=3$) плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью $E_0=2 \text{ МВ/м}$. Границы пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определить модуль поверхностной плотности σ' связанных зарядов на гранях пластины.
- 4.10. В некоторой точке изотропного диэлектрика смещение имеет значение $D=6 \text{ мкКл/м}^2$, а поляризованность $P=5 \text{ мкКл/м}^2$. Чему равна диэлектрическая восприимчивость диэлектрика.

Тема 5. Электрическое поле в среде. Электроемкость. Энергия электрического поля

5.1. Определить электроемкость цилиндрического воздушного конденсатора длиной $l=10$ см, с радиусами обкладок $R_1=1$ см и $R_2=2$ см.

5.2. Определить емкость батареи конденсаторов: $C_1=3$ пФ, $C_2=6$ пФ, $C_3=1$ пФ, $C_4=1$ пФ.



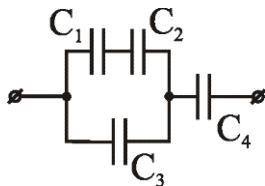
5.3. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина ($\epsilon=2$) толщиной $d=1$ см, которая вплотную прилегает к его обкладкам. На сколько нужно увеличить расстояние между обкладками, чтобы получить прежнюю емкость?

5.4. Между обкладками плоского конденсатора емкости $C=200$ пФ находится плотно прилегающая стеклянная ($\epsilon=7$) пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U=100$ В и отключен от источника. Какую работу нужно совершить, чтобы вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

5.5. Электрическое поле создано заряженной зарядом $q=0,1$ мКл сферой радиусом $R=10$ см. Какова энергия поля, заключенная в объеме, ограниченном концентрическими со сферой сферическими поверхностями, радиусы которых в два и в три раза больше радиуса сферы.

5.6. Определить электроемкость воздушного сферического конденсатора с радиусами обкладок $R_1=1$ см и $R_2=2$ см.

5.7. Определить емкость батареи конденсаторов: $C_1=2$ пФ, $C_2=2$ пФ, $C_3=2$ пФ, $C_4=6$ пФ.



5.8. Между пластинами плоского конденсатора находятся два слоя диэлектриков: стекла ($\epsilon_1=7$) толщиной $d_1=7$ мм и эбонита ($\epsilon_2=3$) толщиной $d_2=3$ мм. Площадь S каждой обкладки конденсатора равна 200 см 2 . Найти электроемкость C конденсатора.

5.9. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов $U=200$ В. После отключения от источника тока расстояние между обкладками конденсатора было увеличено в $n=3$ раза. Определить начальную емкость конденсатора, если работа A внешних сил по раздвижению обкладок равна $0,4$ мДж.

5.10. Пластину из эбонита ($\epsilon=3$) толщиной $d=5$ мм и площадью $S=300$ см 2 внесли в однородное электрическое поле напряженностью $E=1$ кВ/м, таким образом, что силовые линии перпендикулярны поверхности пластины. Определить энергию W электрического поля, сосредоточенную в пластине.

Тема 6. Электрическое поле в среде. Электрический ток

- 6.1. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I(t) = kt$, где $k=0,5$ А/с. Найти заряд q , протекающий через поперечное сечение проводника за время $\tau=1$ с.
- 6.2. Определить ток короткого замыкания $I_{\text{КЗ}}$ источника ЭДС, если при внешнем сопротивлении $R_1=50$ Ом ток в цепи $I_1=0,2$ А, а при $R=110$ Ом – $I_2=0,1$ А.
- 6.3. ЭДС батареи аккумуляторов $\mathcal{E}=2$ В, сила тока $I_{\text{КЗ}}$ короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность P_{\max} можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?
- 6.4. По медному проводнику сечением $S=0,8$ мм² течет ток $I=80$ мА. Найти среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди $\rho=8,9$ г/см³.
- 6.5. Напряженность электрического поля в стальном проводнике равна $E=0,2$ В/м. Найти плотность тока в проводнике. Удельное сопротивление стали $\rho=100$ нОм·м.
- 6.6. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I(t) = kt^2$, где $k=2$ А/с². Найти число электронов N , проходящих через поперечное сечение проводника за время $\tau=0,5$ с.
- 6.7. Два элемента ($\mathcal{E}_1=1,2$ В, $r_1=0,1$ Ом; $\mathcal{E}_2=0,9$ В, $r_2=0,3$ Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление R соединительных проводов равно 0,2 Ом. Определить силу тока I в цепи.
- 6.8. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление $R_1=2$ Ом, а затем на внешнее сопротивление $R_2=0,5$ Ом. Найти ЭДС \mathcal{E} элемента и его внутреннее сопротивление r , если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова и равна $P_1=P_2=2,45$ Вт.
- 6.9. Определить суммарный импульс всех электронов в прямом проводнике длиной $l=500$ м, по которому течет ток $I=20$ А.
- 6.10. Определить напряженность E электрического поля в проводнике, если объемная плотность тепловой мощности равна $\varpi=4$ кВт/м³, а плотность тока $j=2$ А/мм².

Тема 7. Магнитное поле постоянного тока

7.1. По тонкому проводящему кольцу радиусом $R=30$ см течет ток $I=20$ А. Найти напряженность H магнитного поля на оси кольца на расстоянии $h=40$ см от его центра.

7.2. Расстояние d между двумя длинными параллельными проводами равно 10 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи $I=40$ А каждый. Найти индукцию B магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1=5$ см от одного и $r_2=8$ см от другого провода.

7.3. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (см. рис.). По проводам текут токи $I_1=80$ А и $I_2=60$ А. Расстояние d между проводами равно 10 см. Определить магнитную индукцию B в точке A , одинаково удаленной от обоих проводников.

7.4. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток $I=10$ А. Найти магнитную индукцию в точке O , если $R=1$ см.



7.5. Определить максимальную магнитную индукцию поля, создаваемую электроном, движущимся прямолинейно со скоростью $v=10$ Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на $r=1$ нм.

7.6. При какой силе тока I , текущего по тонкому проводящему кольцу радиусом $R=0,2$ м, магнитная индукция в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r=0,3$ м, станет равной $B=20$ мкТл?

7.7. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1=50$ А и $I_2=100$ А в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на $r_1=25$ см от первого и на $r_2=40$ см от второго провода.

7.8. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (см. рис.). По проводам текут токи $I_1 = 80$ А и $I_2 = 60$ А. Расстояние d между проводами равно 10 см. Определить магнитную индукцию B в точке C , одинаково удаленной от обоих проводников.

7.9. По проводнику, форма которого изображена на рисунке, течет ток $I=10$ А. Найти магнитную индукцию в точке O , если $R=1$ см.



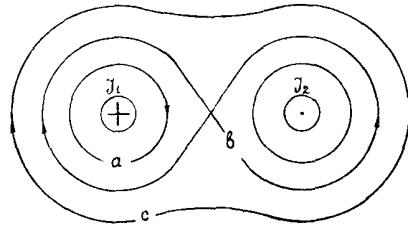
7.10. На расстоянии $r=10$ нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции составляет $B=160$ мкТл. Определить скорость электрона.

Тема 8. Силы в магнитном поле

- 8.1. Квадратный контур со стороной $a=50$ см и бесконечный прямой провод с током $I=5$ А расположены в одной плоскости. Расстояние от провода до ближайшей стороны контура $b=10$ см. Определить силу, действующую на контур, если сила тока в нем $I_k=1$ А.
- 8.2. Рамка гальванометра длиной $a=4$ см и шириной $b = 1,5$ см, содержащая $N=200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти механический момент M , действующий на рамку, когда по витку течет ток $I=1$ мА.
- 8.3. На горизонтальных рельсах лежит проводящая перемычка массой $m=1$ кг и активной длиной $l=20$ см. Система находится в однородном вертикальном магнитном поле индукцией $B=0,2$ Тл. Если по перемычке пропустить ток силой $I=10$ А, то перемычка будет двигаться с ускорением $a=0,2$ м/с². Найти коэффициент трения между рельсами и перемычкой.
- 8.4. В однородном магнитном поле с индукцией $B=100$ мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см, а радиус $R=5$ см.
- 8.5. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B=0,1$ Тл возбуждено электрическое поле напряженностью $E=100$ кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.
- 8.6. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии $d=10$ см друг от друга, текут одинаковые токи $I=10$ А. Токи во всех проводах направлены одинаково. Вычислить силу F/l , действующую на единицу длины каждого провода.
- 8.7. Виток диаметром $d=20$ см может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и пустили по нему ток $I=5$ А. Механический момент M , который нужно приложить к витку, чтобы удержать его в начальном положении, равен 3,14 мкН·м. Найти горизонтальную составляющую B_Γ магнитной индукции поля Земли.
- 8.8. Проводящая перемычка массой $m=1$ кг и активной длиной $l=30$ см лежит на гладких рельсах, составляющих угол $\alpha=45^\circ$ с горизонтом. Система находится в вертикальном однородном магнитном поле индукцией $B=2$ Тл. Ток какой силы нужно пропустить по перемычке, чтобы она находилась в покое?
- 8.9. В однородном магнитном поле электрон движется по винтовой линии радиуса $R=5$ см с шагом $h=31,4$ см. Определить угол, который скорость электрона составляет с силовыми линиями магнитного поля.
- 8.10. Протон влетает со скоростью $v=100$ км/с в область пространства, где имеются электрическое ($E=210$ В/м) и магнитное ($B=3,3$ мТл) поля. Напряженность \vec{E} электрического поля и магнитная индукция \vec{B} совпадают по направлению. Определить ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости \vec{v} перпендикулярно направлению векторов \vec{E} и \vec{B} .

Тема 9. Магнитное поле в веществе. Магнитный поток. Закон полного тока

9.1. Определить циркуляцию вектора \vec{H} напряженности магнитного поля вдоль контуров a , b и c (см. рис.), если перпендикулярно плоскости контуров текут одинаковые по величине токи $I_1=I_2=8$ А.



9.2. По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью $j=2$ МА/м². Найти циркуляцию вектора напряженности магнитного поля вдоль окружности радиусом $R=5$ мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол $\alpha=30^\circ$ с вектором плотности тока.

9.3. Найти магнитный поток, создаваемый соленоидом сечением $S=10$ см² при силе тока $I=5$ А, если он имеет $n=10$ витков на каждый сантиметр длины.

9.4. Плоская квадратная рамка со стороной $a=20$ см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток $I=5$ А. Рамка расположена так, что ближайшая к проводу сторона параллельна проводу и находится на расстоянии $b=10$ см от него. Определить магнитный поток через рамку.

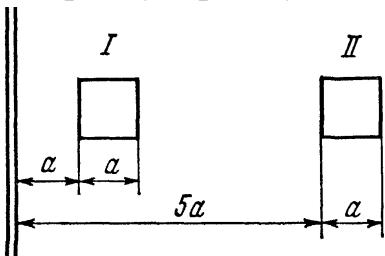
9.5. Висмутовый шарик радиусом $R=1$ см помещен в однородное магнитное поле индукцией $B=0,5$ Тл. Определить магнитный момент, приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута равна $\chi=-1,5 \cdot 10^{-4}$.

9.6. Вычислить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1=10$ А, $I_2=15$ А, текущие в одном направлении, и ток $I_3=20$ А, текущий в противоположном направлении.

9.7. Диаметр тороида без сердечника по средней линии равен $D=30$ см. В сечении тороид имеет круг радиусом $r=5$ см. По обмотке тороида, содержащей $N=2000$ витков, течет ток $I=5$ А. Пользуясь законом полного тока, определить минимальное значение напряженности H_{\min} магнитного поля в тороиде.

9.8. Соленоид длиной $l=1$ м и сечением $S=16$ см² содержит $N=2000$ витков. Определить потокосцепление Ψ соленоида при силе тока $I=10$ А.

9.9. Плоская квадратная рамка лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом. Во сколько раз отличаются магнитные потоки, пронизывающие рамку, при двух ее положениях I и II, представленных на рисунке?



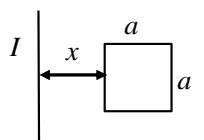
9.10. Напряженность магнитного поля в меди равна $H=1$ МА/м. Определить намагниченность J меди и магнитную индукцию B в ней, если удельная восприимчивость меди равна $\chi_{уд}=-1,1 \cdot 10^{-9}$ м³/кг, а плотность $\rho=8900$ кг/м³.

Тема 10. Электромагнитное поле. Электромагнитная индукция

10.1. Плоский контур, площадь которого равна $S=300 \text{ см}^2$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,01 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток $I=10 \text{ А}$. Определить работу внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в котором отсутствует ($B=0$).

10.2. Горизонтальный стержень длиной $l=1 \text{ м}$ вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого $B=50 \text{ мкТл}$. При какой частоте v вращения стержня разность потенциалов на концах этого стержня равна $U=1 \text{ мВ}$?

10.3. Квадратная рамка со стороной a и длинный прямой проводник с током I находятся в одной плоскости (см. рис.). Рамку поступательно перемещают вправо с постоянной скоростью v . Найти ЭДС индукции в рамке как функцию $\mathcal{E}(x)$, где x – расстояние между проводом и рамкой.



10.4. В однородном магнитном поле с индукцией $B=1 \text{ Тл}$ находится прямой провод длиной $l=20 \text{ см}$, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно $R=0,1 \text{ Ом}$. Определить силу, которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно к линиям магнитной индукции со скоростью $v=2,5 \text{ м/с}$.

10.5. Проволочное кольцо радиусом $r=4 \text{ см}$, имеющее сопротивление $R=0,01 \text{ Ом}$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,04 \text{ Тл}$. Плоскость кольца составляет угол $\alpha=30^\circ$ с линиями индукции поля. Какое количество электричества q протечет по кольцу, если магнитное поле исчезнет?

10.6. По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода радиусом $r=10 \text{ см}$, течет ток $I=10 \text{ А}$. Перпендикулярно к плоскости кольца возбуждено магнитное поле индукцией $B=0,1 \text{ Тл}$, по направлению совпадающее с направлением собственного магнитного поля кольца. Определить работу внешних сил, которые деформируя контур, придали ему форму квадрата. Работой против упругих сил пренебречь.

10.7. В однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,8 \text{ Тл}$, равномерно вращается рамка с угловой скоростью $\omega=15 \text{ рад/с}$. Площадь рамки равна $S=150 \text{ см}^2$. Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Найти максимальную ЭДС индукции во вращающейся рамке.

10.8. Проволочный контур площадью $S=100 \text{ см}^2$ и сопротивлением $R=0,01 \text{ Ом}$ находится в однородном магнитном поле. Плоскость контура составляет угол $\alpha=30^\circ$ с линиями магнитной индукции. Определить тепловую мощность, выделяющуюся в контуре при изменении магнитного поля со скоростью $\Delta B/\Delta t=0,2 \text{ Тл/с}$.

10.9. В однородном магнитном поле с индукцией $B=1 \text{ Тл}$ находится прямой провод длиной $l=10 \text{ см}$, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно $R=0,4 \text{ Ом}$. Какая мощность потребуется для того, чтобы перемещать провод перпендикулярно к линиям магнитной индукции со скоростью $v=20 \text{ м/с}$.

10.10. Проволочное кольцо радиусом $r=10 \text{ см}$, имеющее сопротивление $R=1 \text{ Ом}$, лежит на столе. Какое количество электричества q протечет по кольцу, если его перевернуть, с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна $B_B=50 \text{ мкТл}$.

Тема 11. Электромагнитное поле. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

11.1. Найти индуктивность L соленоида длиной l , обмоткой которого является медная проволока массой m . Сопротивление обмотки R . Диаметр D соленоида значительно меньше его длины ($D \ll l$).

11.2. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1=0,12$ Гн, а второй – $L_2=3$ Гн. Сопротивление в цепи второй катушки $R_2=60$ Ом. Определите силу тока во второй катушке, если за время $\Delta t=0,01$ силу тока в первой катушке равномерно уменьшить от $I_1=1$ А до нуля.

11.3. Катушку индуктивности $L=300$ мГн и сопротивления $R=140$ мОм, подключили к источнику постоянного напряжения. Через сколько времени ток через катушку достигнет $\eta=50\%$ установленного значения.

11.4. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление $R=10$ Ом и индуктивность $L=0,3$ Гн. Определите время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике.

11.5. Индуктивность соленоида при длине $l=1$ м и площади поперечного сечения $S=20$ см² равна $L=0,4$ мГн. Определить силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля равна $\omega=0,1$ Дж/м³.

11.6. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длины $l=100$ см с индуктивностью $L=1$ мГн, если диаметр D сечения соленоида значительно меньше его длины ($D \ll l$)?

11.7. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1=1$ Гн, а второй – $L_2=4$ Гн. Определите максимальную ЭДС возбуждаемую во второй катушке, если сила тока в первой катушке меняется по закону $I_1 = I_0 \cos(2\pi v t)$, где $I_0=1$ А, а $v=50$ Гц.

11.8. Активное сопротивление катушки индуктивности составляет $R=0,2$ Ом. Если катушку отсоединить от источника тока и замкнуть накоротко, то ток уменьшается в $n=10$ раз в течение $t=3$ с. Определить индуктивность L катушки.

11.9. Сила тока в обмотке соленоида, содержащего $N=1500$ витков, равна $I=5$ А. Магнитный поток через сечение соленоида составляет $\Phi=50$ мкВб. Определите энергию W магнитного поля в соленоиде.

11.10. Обмотка тонкого тороида с немагнитным сердечником содержит $n=10$ витков на каждый сантиметр длины. Чему равна объемная плотность энергии ω магнитного поля в тороиде при силе тока $I=5$ А.

Тема 12. Электромагнитное поле. Электромагнитные колебания

12.1. В контуре, состоящем из конденсатора емкости C и катушки с индуктивностью L , совершаются свободные незатухающие колебания, при которых амплитуда напряжения на конденсаторе равна U_m . Найти связь между током в контуре и напряжением на конденсаторе в виде $f(I, U) = \text{const}$.

12.2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости C , катушки с индуктивностью L и пренебрежимо малым активным сопротивлением и ключа. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили до напряжения U_m и затем замкнули ключ. Определить отношение энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля в момент времени равный $T/8$.

12.3. Частота свободных затухающих колебаний в колебательном контуре $\nu=1\text{ кГц}$. Найти собственную частоту колебаний ν_0 , если добротность контура $Q=2$.

12.4. Определить логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за $N=5$ периодов уменьшается в $n=8$ раз.

12.5. Цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора и катушки с активным сопротивлением, подсоединенена к генератору синусоидального напряжения, частоту которого можно менять, не изменяя его амплитуды. При частотах ω_1 и ω_2 амплитуды тока оказались одинаковыми. Определить резонансную частоту.

12.6. Ток в колебательной системе зависит от времени как $I = I_m \sin(\omega t)$, где $I_m=9\text{ мА}$, $\omega=4,5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$. Емкость конденсатора $C=0,5\text{ мкФ}$. Определить индуктивность контура и напряжение на конденсаторе в момент времени $t=0$.

12.7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости C , катушки с индуктивностью L и пренебрежимо малым активным сопротивлением и ключа. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили до напряжения U_m и затем замкнули ключ. Определить ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_s в катушке в моменты времени, когда энергия электрического поля в конденсаторе равна энергии магнитного поля в катушке.

12.8. Определить минимальное активное сопротивление R_{\min} при разрядке конденсатора емкости $C=1,2\text{ нФ}$, при котором разряд будет апериодическим, если индуктивность проводов $L=3\text{ мкГн}$.

12.9. Частота ν затухающих колебаний в колебательном контуре с добротностью $Q=2500$ равна 550 Гц . Определить время, за которое амплитуда тока в этом контуре уменьшится в $n=4$ раза.

12.10. Какой должна быть добротность контура, чтобы частота, при которой наступает резонанс тока, отличалась от частоты, при которой наступает резонанс напряжения на конденсаторе, не более чем на 1%?