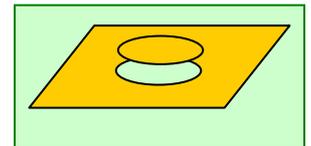


**Задачи для общекурсовых контрольных по курсу
«Электричество и магнетизм», 2007 г.**

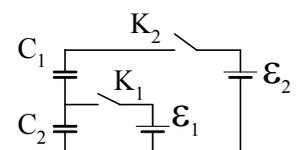
Раздел I.

- 1.1. Тонкая непроводящая палочка длиной $L = 0,08$ м равномерно заряжена так, что ее полный заряд равен $q = 3,5 \cdot 10^{-7}$ Кл. Какой точечный заряд Q нужно поместить на расстоянии $d = 0,06$ м от середины палочки на ее продолжении, чтобы на него действовала сила $F = 0,12$ Н?
- 1.2. Два точечных диполя расположены на одной прямой параллельно друг другу так, что векторы их дипольных моментов \mathbf{p} направлены в противоположные стороны и перпендикулярны этой прямой. Найти силу взаимодействия диполей, если расстояние между ними равно r .
- 1.3. Имеются два сферических распределения зарядов с плотностями $+\rho$ и $-\rho$ и центрами в точках O_1 и O_2 ($O_1O_2 < 2R$), где R – радиус сфер. Найдите напряженность поля в пространстве перекрытия зарядов.
- 1.4. Сфера радиусом R заряжена с поверхностной плотностью $\sigma = (\mathbf{A} \cdot \mathbf{r})$, где \mathbf{A} – постоянный вектор, \mathbf{r} – радиус-вектор точки сферы относительно ее центра. Найти напряженность электрического поля в центре сферы.
- 1.5. Найти напряженность электрического поля в центре полусферы радиусом R , заряженной равномерно с поверхностной плотностью σ . Показать, что вектор напряженности поля \mathbf{E} перпендикулярен диаметральной плоскости полусферы в любой ее точке.
- 1.6. Определить заряд шара, при котором модуль вектора напряженности электрического поля вне шара не будет зависеть от расстояния до его центра, и величину этой напряженности, если шар находится в среде, заряженной сферически симметрично с объемной плотностью $\rho = \alpha/r$, где α — постоянная, r — расстояние от центра шара, радиус шара R .
- 1.7. Шар с объемной плотностью заряда $\rho(r) = \alpha r$ и поверхностной плотностью заряда σ имеет радиус R . Найти распределение потенциала во всем пространстве.
- 1.8. Найти потенциал $\varphi(r)$, создаваемый двумя концентрическими металлическими сферами радиусами R_1 и R_2 , заряженными зарядами q_1 и q_2 соответственно.
- 1.9. Внутри незаряженного металлического шара имеется сферическая полость, в которой расположен неподвижный точечный заряд q на расстоянии a от центра полости. Радиус шара R , радиус полости r , расстояние между центрами полости и шара l ($l > r$). Найти потенциал электрического поля в центре полости.
- 1.10. Имеются три концентрические сферы с радиусами $R_1 < R_2 < R_3$. Сферы радиусами R_1 и R_3 несут заряды $+Q$ и $-Q$ соответственно. Сфера радиусом R_2 заземлена. Найти зависимость $E(r)$ напряженности электрического поля E от расстояния r до центра системы и изобразить ее графически.

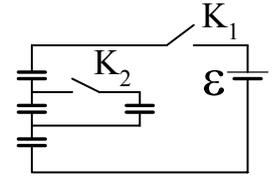
- 1.11. Определить линейную плотность λ заряда бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда $q = 1$ нКл с расстояния $r_1 = 5$ см от нити до расстояния $r_2 = 2$ см от нити равна $A = 50$ мкДж.
- 1.12. Между концентрическими сферами с радиусами R_1 и R_2 ($R_1 < R_2$) имеется объемный заряд с плотностью $\rho = \frac{\alpha}{r^2}$. Найти напряженность электростатического поля и потенциал во всем пространстве.
- 1.13. Центр тонкого металлического кольца радиусом R находится на расстоянии L от центра металлической сферы радиусом R_1 ($R_1 < L$). Найти потенциал сферы. Заряд сферы равен Q_1 , заряд кольца Q_2 . Плоскость кольца перпендикулярна прямой, соединяющей центры кольца и сферы.
- 1.14. Точечный заряд q находится на расстоянии H от бесконечной металлической заземленной плоскости. Найти поверхностную плотность индуцированного на плоскости заряда на расстоянии r от перпендикуляра, опущенного на нее из точки нахождения заряда.
- 1.15. Два параллельных провода, расстояние между которыми равно l , равномерно заряжены с одинаковой линейной плотностью одноименными зарядами. Максимальное значение напряженности электрического поля в плоскости симметрии системы равно E_0 . Найти линейную плотность λ зарядов на проводах.
- 1.16. Две плоскопараллельные металлические пластины конечной толщины, имеющие площадь S , заряжены зарядами Q_1 и Q_2 соответственно. Зазор между пластинами мал по сравнению с их линейными размерами. Найти поверхностные плотности зарядов на пластинах и разность потенциалов между ними. Что изменится, если вторую пластину заземлить?
- 1.17. Из равномерно заряженной плоскости вырезали круг радиусом R и сдвинули его перпендикулярно плоскости на расстояние L (см. рис.). Найти напряженность электрического поля E в точке, находящейся на оси выреза посередине между кругом и плоскостью. Поверхностная плотность заряда на круге и плоскости одинакова и равна σ .



- 1.18. По тонкому диску радиусом R равномерно распределён заряд q . Определить потенциал электрического поля в центре и на краю диска.
- 1.19. Найти емкость шарового проводника радиусом a , окруженного примыкающим к нему слоем однородного диэлектрика с наружным радиусом b и относительной диэлектрической проницаемостью ϵ .
- 1.20. Два первоначально незаряженных конденсатора C_1 и C_2 , показанные на рисунке, заряжаются следующим образом. Сначала замыкают и размыкают ключ K_1 , затем замыкают ключ K_2 . Найти получившиеся разности потенциалов V_1 и V_2 на конденсаторах, если ЭДС батарей равны \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 .



- 1.21. Четыре одинаковых первоначально незаряженных конденсатора соединены, как показано на рисунке, и присоединены к батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 9$ В. Сначала замыкают ключ K_1 . Затем ключ K_1 размыкают и замыкают ключ K_2 . Какова будет разность потенциалов на каждом конденсаторе?



- 1.22. Внутренняя обкладка цилиндрического конденсатора радиусом R_1 имеет потенциал φ_0 . Внешняя обкладка радиусом R_2 заземлена. Между обкладками находится объемный заряд с плотностью ρ . Найти распределение потенциала между обкладками конденсатора.
- 1.23. Бесконечная пластина толщиной $2d$ заряжена с объемной плотностью заряда ρ . Внутри нее посередине расположена бесконечная плоскость, заряженная с поверхностной плотностью заряда σ . Найти распределение напряженности поля E и потенциала φ во всем пространстве, считая $\varphi = 0$ посередине заряженного слоя на заряженной плоскости. Построить графики $E_x(x)$ и $\varphi(x)$ (ось X перпендикулярна пластине, начало отсчета находится на заряженной плоскости).
- 1.24. Система состоит из тонкого кольца радиусом R , по которому равномерно распределен заряд Q , и очень длинной равномерно заряженной нити, расположенной по оси кольца так, что один из ее концов совпадает с центром кольца. На единицу длины нити приходится заряд λ . Найти силу взаимодействия кольца и нити.
- 1.25. Два незаряженных конденсатора емкостью C_1 и C_2 соединили последовательно и подключили эту цепь к источнику с ЭДС \mathcal{E} . Когда зарядка закончилась, их отключили от источника, отсоединили друг от друга и затем соединили одноименно заряженные пластины. Какая энергия выделилась во время разряда, произошедшего при таком соединении?

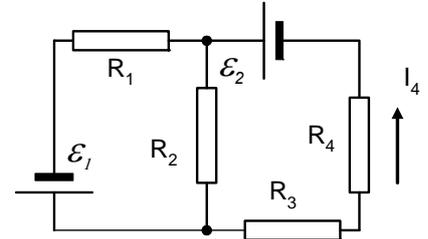
Раздел II.

- 2.1. Диэлектрическая пластина с диэлектрической проницаемостью ε имеет толщину, равную зазору между обкладками плоского конденсатора. Какова должна быть площадь пластины, чтобы при помещении её в конденсатор электрическая индукция внутри пластины возросла в N раз? Площадь обкладок конденсатора S . Конденсатор изолирован.
- 2.2. Определить количество тепла, которое выделится при соединении двух тонкостенных металлических концентрических сфер, с зарядами Q_1 и Q_2 ($Q_1 > Q_2$), пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε . Радиусы сфер R_1 и $R_2 > R_1$. Влиянием соединяющего сферы проводника пренебречь.
- 2.3. Обкладки сферического конденсатора имеют радиусы R_1 и $R_2 > R_1$. Суммарный заряд обкладок Q . Какой заряд должен быть у каждой обкладки, чтобы электростатическая энергия конденсатора была минимальна?
- 2.4. Точечный заряд q расположен на оси симметрии плоского воздушного заряженного конденсатора (вне его) на расстоянии L от центра положительной обкладки, и на расстоянии $L + d$ от центра отрицательной. Обкладки конденсатора – квадрат с длиной a . Напряжение конденсатора U . Оценить силу, с которой конденсатор действует на заряд, если $L \gg a$.
- 2.5. В центре шарового слоя из однородного диэлектрика с проницаемостью ε (внутренний радиус R_1 , внешний радиус R_2) находится точечный заряд q . Найти электрическую энергию в данном слое.
- 2.6. Между обкладками плоского воздушного конденсатора расположена диэлектрическая пластина толщиной d_2 с диэлектрической проницаемостью ε , суммарная толщина оставшихся воздушных зазоров между пластиной и обкладками равна d_1 . Разность потенциалов между обкладками равна V . Определить силу притяжения между обкладками. Площади всех пластин равны S .
- 2.7. Плоский конденсатор заполнен неоднородной средой с диэлектрической проницаемостью ε и удельной проводимостью, меняющейся по закону $\lambda = \lambda_0 (1 + x/d)$, где x – расстояние от левой пластины. Расстояние между пластинами d , площадь S . Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения U . Найти объемную плотность $\rho'(x)$ связанных зарядов в среде.
- 2.8. Вблизи плоской границы раздела двух диэлектриков напряженность электрического поля в первом диэлектрике равна E_1 и составляет угол α с нормалью к поверхности раздела. Диэлектрические проницаемости сред равны ε_1 и ε_2 . Определить поверхностную плотность связанных зарядов.
- 2.9. Два одинаковых воздушных конденсатора емкостью $C = 800$ пФ заряжены до $U = 900$ В. Один из них в заряженном состоянии погружают в керосин ($\varepsilon = 2$), после чего конденсаторы соединяют одноименно заряженными пластинами. Определить работу происходящего при этом разряда.

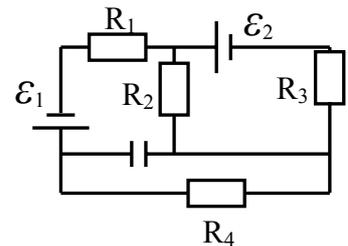
- 2.10. Между пластинами плоского конденсатора, расположенными на расстоянии d , находятся плоский слой диэлектрика с проницаемостью ε толщиной d_1 и слой металла толщиной d_2 . Разность потенциалов между обкладками конденсатора равна V . Определить плотность энергии электрического поля в диэлектрике.
- 2.11. Определить высоту подъема жидкости в плоском конденсаторе, пластины которого расположены вертикально, если он присоединен к батарее с напряжением U , расстояние между пластинами l , плотность жидкости ρ , диэлектрическая проницаемость ε .
- 2.12. Чему равна энергия цилиндрического конденсатора, если на нем заряд q , длина конденсатора l , радиусы обкладок R и $2R$. Между обкладками 2 коаксиальных слоя диэлектрика с проницаемостями ε_1 и ε_2 . Граница раздела диэлектриков имеет радиус $R_1 = 1,5R$.
- 2.13. Заряд с объемной плотностью $\rho = 3$ мкКл/м равномерно распределен внутри сферического слоя, ограниченного поверхностями радиусов $R_1 = 3$ см и $R_2 = 5$ см. Диэлектрическая проницаемость слоя $\varepsilon = 5$. Найти разность потенциалов V между поверхностями слоя.
- 2.14. Сферически симметричная система состоит из внутреннего проводника радиуса r_1 , диэлектрической прослойки с проницаемостью ε , ограниченной радиусами r_2 (внутренний) и r_3 (внешний), и внешней тонкой проводящей сферы радиуса r_4 . Внутренний проводник несет заряд q_1 , внешний – заряд q_2 . Определить потенциал внутреннего проводника и поляризованность диэлектрической прослойки.
- 2.15. Бесконечно большая пластина из однородного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε заряжена равномерно зарядом с объемной плотностью ρ . Толщина пластины $2d$. Найти поверхностную и объемную плотности связанного заряда.
- 2.16. Точечный заряд q находится в центре диэлектрического шара радиуса R с диэлектрической проницаемостью ε_1 . Шар окружен безграничным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε_2 . Найти поверхностную плотность связанных зарядов на границе раздела этих диэлектриков.
- 2.17. Обкладкам плоского конденсатора сообщаются заряды $+q$ и $-q$. Зазор между обкладками заполнен изотропным веществом, диэлектрическая проницаемость которого изменяется в перпендикулярном к обкладкам направлении Ox по закону $\varepsilon(x)$. В непосредственной близости к положительно заряженной обкладке $\varepsilon = \varepsilon_1$, в непосредственной близости к отрицательно заряженной обкладке $\varepsilon = \varepsilon_2$. Найти объемную плотность возникающих связанных зарядов ρ' как функцию x . Площадь каждой обкладки равна S .
- 2.18. Пространство между обкладками цилиндрического конденсатора (радиусы R_1, R_3) заполнено средой с диэлектрической проницаемостью ε , которая зависит от расстояния до центра следующим образом: $\varepsilon = \varepsilon_1$ при $R_1 < r < R_2$, $\varepsilon = \varepsilon_2$ при $R_2 < r < R_3$. Определить плотность поляризационных зарядов σ_{12} на границе раздела этих сред, если разность потенциалов между обкладками этого конденсатора равна V_0 .

2.19. Пространство между обкладками цилиндрического конденсатора (радиусы R_1 , R_3 , длина L) заполнено средой с проводимостью, которая зависит от расстояния до центра следующим образом: $\lambda = \lambda_1$ при $R_1 < r < R_2$, $\lambda = \lambda_2$ при $R_2 < r < R_3$. Определить плотность свободных зарядов на границе этих сред, если через этот конденсатор с утечкой протекает ток I_0 .

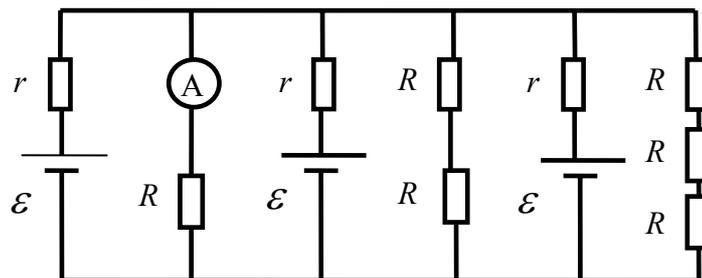
2.20. В электрической цепи, изображенной на рисунке: $\mathcal{E}_1 = 1$ В, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 4$ Ом и $I_4 = 4$ А. Найти \mathcal{E}_2 .



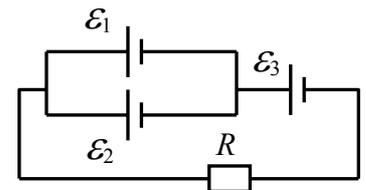
2.21. В схеме известны ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 , сопротивления R_1 , R_2 , R_3 , R_4 . Найти напряжение на конденсаторе.



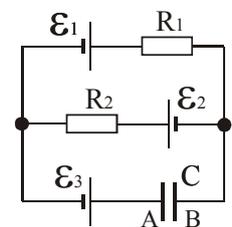
2.22. Найти ток через амперметр А в схеме. ЭДС \mathcal{E} и сопротивления r и R известны.



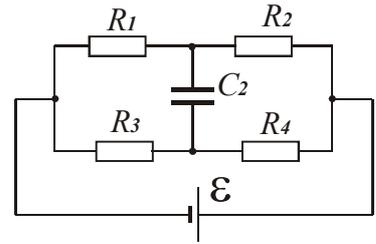
2.23. Известны значения ЭДС источников $\mathcal{E}_1 = 1,3$ В, $\mathcal{E}_2 = 1,5$ В, $\mathcal{E}_3 = 2$ В. Внутренние сопротивления источников одинаковы и равны $r = 0,2$ Ом, сопротивление $R = 0,55$ Ом. Определить силу тока, протекающего через источник \mathcal{E}_3 .



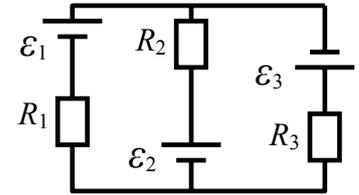
2.24. В схеме, изображенной на рисунке, найти разность потенциалов ($\varphi_A - \varphi_B$).



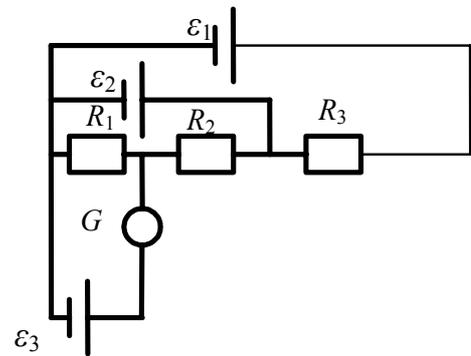
- 2.25. В схеме, изображенной на рисунке, найти заряд верхней пластины конденсатора.



- 2.26. Известны значения ЭДС источников $\varepsilon_1 = 1,5$ В, $\varepsilon_2 = 2$ В, $\varepsilon_3 = 2,5$ В. Сопротивления резисторов равны $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом и $R_3 = 30$ Ом. Пренебрегая внутренним сопротивлением источников, найти силу тока, протекающего через резистор R_1 .



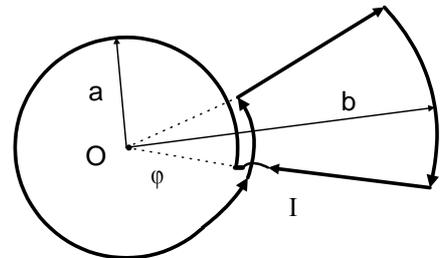
- 2.27. В схеме, изображенной на рисунке, R_1, R_2, R_3 таковы, что ток через гальванометр G не идет. Найти ε_2 и ток через источник ε_1 (ε_1 и ε_3 заданы).



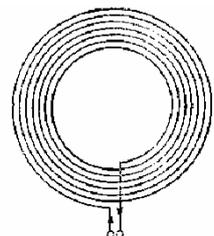
Раздел III.

- 3.1. Найти величину и направление вектора индукции магнитного поля в центре прямоугольника, по которому циркулирует постоянный ток I_0 . Стороны прямоугольника равны a и b .
- 3.2. Прямолинейная бесконечно длинная полоса имеет ширину l . Вдоль полосы течет ток J , равномерно распределенный по ее ширине. Найти напряженность магнитного поля H , в точке, отстоящей от полосы на расстояние h . Точка находится на перпендикуляре, восстановленном из середины полосы.
- 3.3. Тороидальная катушка с внутренним радиусом R имеет N витков, по которым течет постоянный ток I . Найти энергию системы, если сечением тороидальной катушки является квадрат со стороной b .
- 3.4. По однородному прямому проводу течет постоянный ток, плотность j которого зависит от расстояния r от оси провода как $j = br^3$, где b – константа. Найти индукцию магнитного поля внутри провода в зависимости от r .
- 3.5. Длинный цилиндр радиуса R , заряженный равномерно по поверхности (заряд на единицу длины равен λ), вращается вокруг своей оси с частотой ω . Найти энергию магнитного поля на единицу длины цилиндра.
- 3.6. Два круговых витка, первый радиусом r_1 и второй радиусом r_2 , расположены в параллельных плоскостях так, что прямая, соединяющая их центры, перпендикулярна этим плоскостям. Расстояние между их центрами h . По второму витку проходит ток I_2 . Какой ток должен проходить по первому витку, чтобы магнитное поле в точке, лежащей на оси витков на равном расстоянии от их центров, было равно нулю?

- 3.7. Найти магнитную индукцию в точке O , лежащей в плоскости электрического контура с током I (см. рисунок).



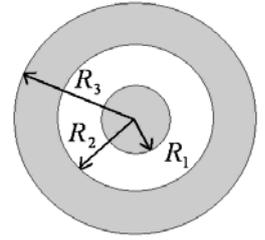
- 3.8. Тонкий изолированный провод образует плоскую спираль из N плотно уложенных витков, по которым течет ток I . Радиусы внутренних и внешних витков равны r и R соответственно. Найти индукцию магнитного поля в центре спирали.



- 3.9. Найти вектор магнитной индукции в центре полукольца радиуса R , к концам которого по бесконечно длинным тонким прямым проводам подводится ток I . Провода параллельны друг другу и перпендикулярны плоскости полукольца.

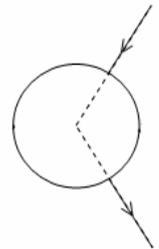
3.10. Равномерно заряженная с поверхностной плотностью σ сфера радиуса R вращается с угловой скоростью ω . Найти индукцию магнитного поля в центре сферы.

3.11. По двум бесконечным коаксиальным цилиндрам текут в противоположных направлениях токи плотностью j_1 и j_2 . Радиусы цилиндров R_1, R_2, R_3 . Определить на каком расстоянии от оси магнитное поле $B = 0$.



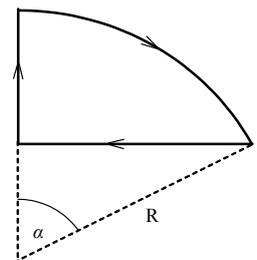
3.12. На деревянный круглый цилиндр объемом V в один слой намотана катушка с n витками на единицу длины, по которой течет ток J . Определить величину механического момента, который удерживает цилиндр в равновесии в однородном внешнем поле с индукцией B_0 , образующем угол α с осью цилиндра.

3.13. Проволочное кольцо расположено в вертикальной плоскости. В центре кольца находится горизонтальная магнитная стрелка малых размеров. Стрелка может вращаться вокруг вертикальной оси. К двум точкам проволочного кольца подведены идущие радиально провода, соединенные с источником тока (см. рис.). Как должна расположиться магнитная стрелка относительно магнитного меридиана?

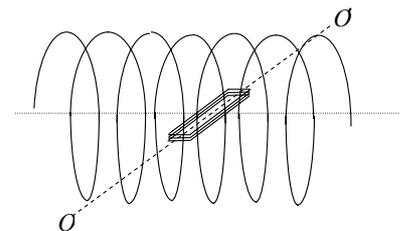


3.14. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток I_1 . Круговой виток расположен так, что плоскость витка параллельна прямому проводнику, а перпендикуляр, опущенный на него из центра витка, является нормалью и к плоскости витка. По витку проходит ток I_2 . Расстояние от центра витка до прямого проводника d . Радиус витка r . Найти магнитную индукцию в центре витка.

3.15. По контуру, изображенному на рисунке, идет ток силой I . Определить магнитную индукцию в точке O , если радиус дуги R . Угол α считать известным.

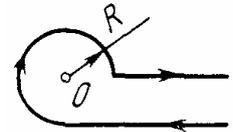


3.16. В центре длинного соленоида, имеющего n витков на метр, помещена рамка, состоящая из N витков провода площадью S каждый. Рамка может вращаться вокруг оси OO' , перпендикулярной оси соленоида, и удерживается в равновесии спиральной пружиной так, что при этом ее плоскость параллельна оси соленоида (см. рис.). При пропускании тока по рамке и соленоиду, соединенных последовательно, рамка повернулась на угол φ . Определить силу тока, если жесткость пружины k . (Жесткость спиральной пружины измеряется вращающим моментом, необходимым для закручивания пружины на угол $\alpha = 1$ рад.).



3.17. Непроводящий тонкий диск радиуса R , равномерно заряженный с одной стороны с поверхностной плотностью σ , вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Найти индукцию магнитного поля в центре диска

3.18. Определить индукцию магнитного поля в точке O , если проводник с током I имеет вид показанный на рисунке.



3.19. Два длинных прямых взаимно перпендикулярных провода отстоят друг от друга на расстоянии a . В каждом проводе течет ток I . Найти максимальное значение силы Ампера на единицу длины провода в этой системе.

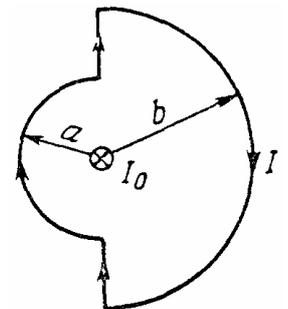
3.20. Квадратная рамка с током I расположена в одной плоскости с длинным прямым проводником, по которому течет ток I_0 . Сторона рамки a . Проходящая через середины противоположных сторон ось рамки параллельна проводу и отстоит от него на расстояние, которое в η раз больше стороны рамки. Найти механическую работу, которую нужно совершить при медленном повороте рамки вокруг ее оси на 180 градусов.

3.21. Система состоит из двух параллельных друг другу плоскостей с токами, которые создают между плоскостями однородное магнитное поле с индукцией B . Вне этой области магнитное поле отсутствует. Найти магнитную силу, действующую на единицу поверхности каждой плоскости.

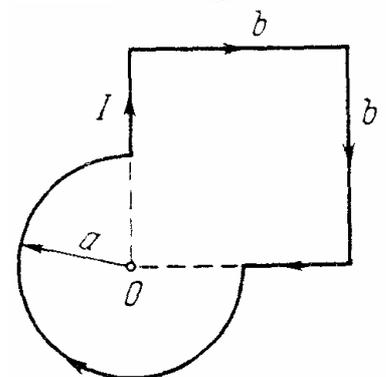
3.22. Найти модуль и направление силы, действующей на единицу длины тонкого проводника с током I в точке O , если проводник изогнут, как показано на рисунке.



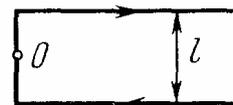
3.23. Замкнутый контур с током I находится в поле длинного прямого проводника с током I_0 . Плоскость контура перпендикулярна к прямому проводнику. Найти момент сил Ампера, действующих на замкнутый контур, если он имеет вид показанный на рисунке. Необходимые размеры системы указаны на рисунке.



3.24. Найти индукцию магнитного поля в точке O контура с током I , который показан на рисунке. Радиусы a и сторона b известны.

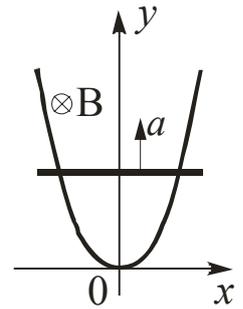


- 3.25. Найти модуль и направление силы, действующей на единицу длины тонкого проводника с током I в точке O , если проводник изогнут, как показано на рисунке.

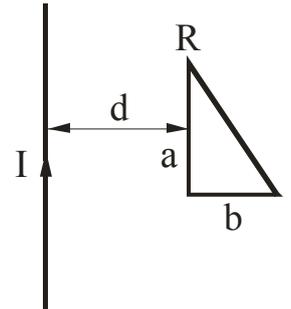


Раздел IV.

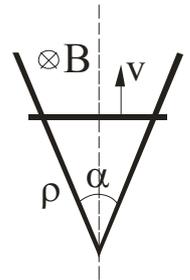
- 4.1. Провод, имеющий форму параболы $y = kx^2$, находится в однородном магнитном поле, вектор индукции \mathbf{B} которого перпендикулярен плоскости XOY . Из вершины параболы перемещают поступательно и без начальной скорости переключку с постоянным ускорением a . Найти ЭДС индукции E в контуре как функцию координаты y .



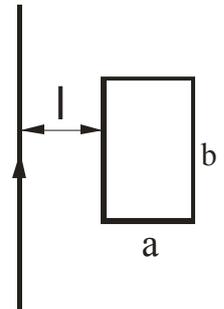
- 4.2. Рамка в виде прямоугольного треугольника с катетами a и b лежит в одной плоскости с прямым длинным проводом, по которому течет ток I . Катет a параллелен проводу и находится от него на расстоянии $d > b$. Сопротивление рамки R . Найти количество электричества q , которое протечет по рамке, если ее повернуть на 180° относительно стороны a .



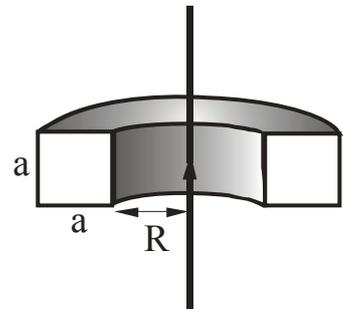
- 4.3. По двум шинам, угол между которыми равен α , в однородном магнитном поле движется с постоянной скоростью V проводник, перпендикулярный биссектрисе угла α . Вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля перпендикулярен плоскости шин. Найти ток I в контуре, если сопротивление единицы длины проводника и шин равно ρ .



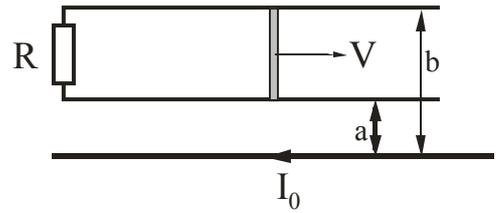
- 4.4. Найти коэффициент взаимной индукции L длинного тонкого провода и прямоугольной рамки со сторонами a и b (сторона b параллельна проводу), которая находится на расстоянии l от провода.



- 4.5. Тороидальная катушка из N витков, внутренний радиус которой равен R , в поперечном сечении имеет форму квадрата со стороной a (сравнимой по величине с R). Найти коэффициент взаимной индукции L катушки и длинного прямого провода, расположенного вдоль оси катушки.



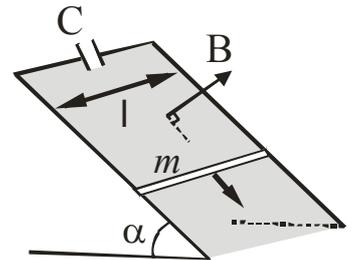
- 4.6. На расстояниях a и b от длинного прямого провода, по которому течет ток I_0 , расположены два параллельных ему провода, замкнутых с одной стороны на сопротивление R . По этим проводам без трения перемещают с постоянной скоростью V перемычку. Найти силу F , необходимую для поддержания постоянства скорости перемычки. Сопротивлением проводов и перемычки, а также индуктивностью контура пренебречь.



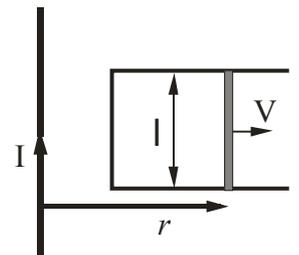
- 4.7. По двум параллельным шинам в однородном магнитном поле скользит перемычка с ускорением a . Шины замкнуты с одной стороны на сопротивление R . Расстояние между шинами l . Вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля перпендикулярен плоскости, в которой перемещается перемычка. Найти зависимость количества теплоты Q , выделяющегося на сопротивлении R , от времени. Сопротивлением шин и перемычки, а также индуктивностью контура пренебречь.



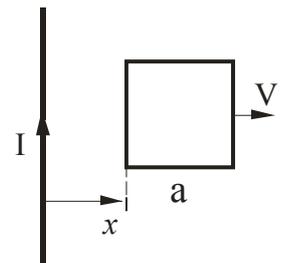
- 4.8. По двум параллельным шинам, установленным под углом α к горизонту, в однородном магнитном поле скользит без трения под действием силы тяжести перемычка массой m . Шины замкнуты с одной стороны на конденсатор ёмкостью C . Расстояние между шинами l . Вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля перпендикулярен плоскости, в которой перемещается перемычка. Найти ускорение a перемычки. Сопротивлением шин и перемычки, а также индуктивностью контура пренебречь.



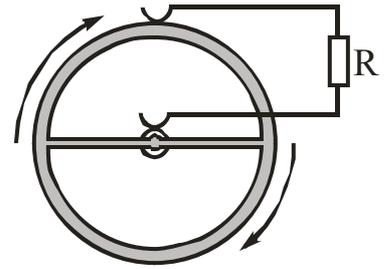
- 4.9. Длинный прямой провод, по которому течет ток I , и П-образный провод с подвижной перемычкой расположены в одной плоскости. Перемычку, длина которой l , перемещают вправо с постоянной скоростью V . Найти ЭДС индукции \mathcal{E} в контуре как функцию расстояния r .



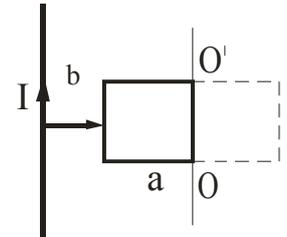
- 4.10. Квадратная рамка со стороной a и длинный прямой провод, по которому течет ток I , находятся в одной плоскости. Рамку поступательно перемещают вправо с постоянной скоростью V . Найти ЭДС индукции \mathcal{E} в рамке как функцию расстояния x .



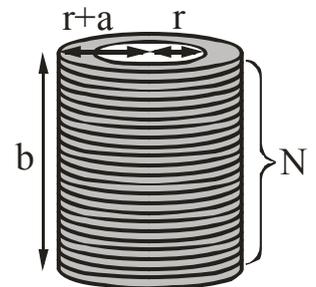
- 4.11. Медное колесо радиусом a с двумя спицами вращается в однородном магнитном поле со скоростью N оборотов в секунду. Вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля перпендикулярен плоскости колеса. Две щетки – одна на оси колеса, другая на окружности – соединяют колесо с внешней цепью, в которую включено сопротивление R . Найти ток I , текущий в цепи. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь



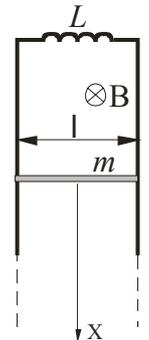
- 4.12. Квадратная проволочная рамка со стороной a и прямой провод, по которому течет ток I , лежат в одной плоскости. Сопротивление рамки R . Найти количество электричества q , которое протечет по рамке, если повернуть ее на 180° вокруг оси OO' , находящейся на расстоянии $b + a$ от провода.



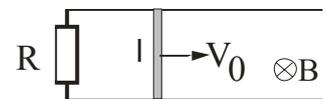
- 4.13. Найти индуктивность L тороидальной обмотки, намотанной на полый цилиндр высотой b , внутренний радиус которого равен r , а наружный – $r + a$. Число витков катушки равно N , магнитная проницаемость $\mu = 1$.



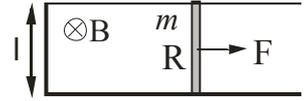
- 4.14. Соленоид с индуктивностью L и ничтожно малым сопротивлением присоединен к верхним концам двух параллельных шин, расположенных вертикально на расстоянии l друг от друга. Вдоль шин в однородном магнитном поле падает без трения и без начальной скорости перемычка массой m так, что всегда имеется контакт между ней и шинами. Вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля перпендикулярен плоскости шин. Найти закон движения проводника $x(t)$. Сопротивлением шин и перемычки, а также индуктивностью контура пренебречь.



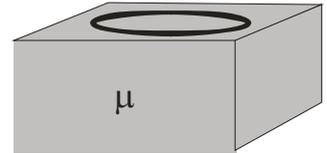
- 4.15. Перемычка массой m может скользить без трения по двум длинным горизонтальным рельсам, расположенным на расстоянии l друг от друга. Слева рельсы замкнуты на сопротивление R . Вектор индукции \mathbf{B} однородного магнитного поля перпендикулярен плоскости рельсов. В момент $t = 0$ перемычке сообщили вправо начальную скорость V_0 . Найти расстояние S , пройденное перемычкой до остановки. Сопротивлением рельсов и перемычки, а также индуктивностью контура пренебречь.



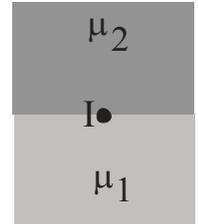
- 4.16. По П-образному проводу, расположенному в горизонтальной плоскости, может скользить без трения перемычка. Она имеет длину l , массу m и сопротивление R . Вектор индукции \mathbf{B} однородного магнитного поля направлен вертикально. В момент $t = 0$ на перемычку стали действовать вправо постоянной горизонтальной силой F . Найти скорость перемычки V как функцию времени. Сопротивлением П-образного проводника и индуктивностью контура пренебречь.



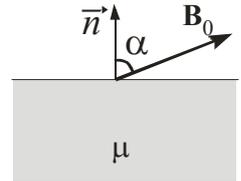
- 4.17. Круговой контур с током лежит на плоской границе раздела «вакуум-магнетик». Магнитная проницаемость магнетика равна μ . Найти индукцию \mathbf{B} магнитного поля в произвольной точке на оси контура, если индукция поля в этой точке в отсутствие магнетика равна \mathbf{B}_0 .



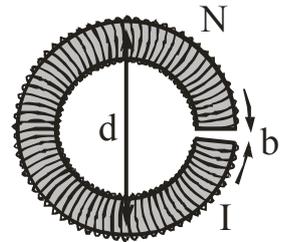
- 4.18. Прямой бесконечно длинный провод с током I лежит в плоскости раздела двух непроводящих сред с магнитными проницаемостями μ_1 и μ_2 . Найти модуль вектора индукции \mathbf{B} магнитного поля во всем пространстве в зависимости от расстояния r до провода. Известно, что силовые линии магнитного поля являются окружностями с центром на оси проводника.



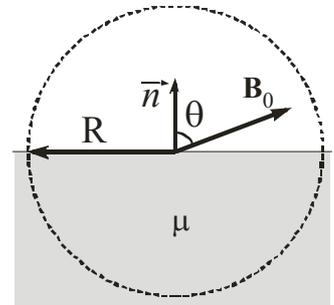
- 4.19. Вблизи некоторой точки границы раздела «магнетик-вакуум» магнитная индукция в вакууме равна B_0 , причем вектор \mathbf{B}_0 составляет угол α_0 с нормалью к границе раздела. Магнитная проницаемость магнетика равна μ . Найти магнитную индукцию \mathbf{B} в магнетике вблизи той же точки.



- 4.20. На железный сердечник в виде тора со средним диаметром d намотано N витков. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной b . При токе I через обмотку индукция магнитного поля в зазоре равна B . Найти магнитную проницаемость μ железа, пренебрегая рассеянием магнитного потока на краях зазора.



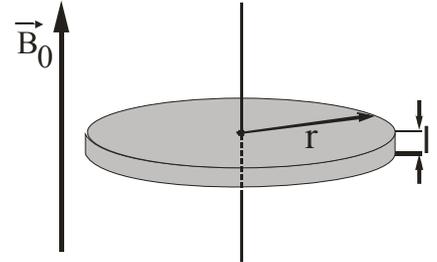
- 4.21. Магнитная индукция в вакууме вблизи плоской поверхности магнетика равна B_0 , а вектор \mathbf{B}_0 направлен под углом θ к нормали. Магнитная проницаемость магнетика равна μ . Найти поток Φ_H вектора \mathbf{H} через поверхность сферы радиусом R , центр которой лежит на поверхности магнетика.



- 4.22. Постоянный магнит в виде тонкого длинного цилиндра (длина l , радиус r) намагничен вдоль своей оси. Найти магнитную индукцию в точке C , если намагниченность $J = \text{const}$.



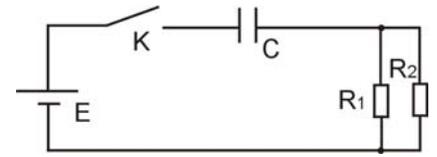
- 4.23. Круглый диск радиусом r из магнитного материала ($\mu \gg 1$) помещен во внешнее однородное магнитное поле \vec{B}_0 . При какой толщине диска l индукция B в центре диска будет отличаться от B_0 не более, чем на 1%?



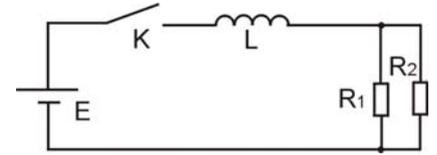
- 4.24. Тороидальная катушка с железным сердечником (магнитная проницаемость μ) имеет N витков. Сердечник разрезан на две половины. Толщина зазора между ними равна x . Найти силу притяжения F между половинами сердечника, если по обмотке протекает ток I . Радиус тора – R . Радиус сердечника – r .
- 4.25. Небольшой шарик объемом V из парамагнетика с магнитной восприимчивостью χ медленно переместили вдоль оси катушки с током из точки, где индукция магнитного поля равна B , в область, где магнитное поле практически отсутствует. Найти работу A , совершенную при этом против магнитных сил.
- 4.26. Длинный соленоид заполнен неоднородным изотропным парамагнетиком, магнитная восприимчивость которого зависит только от расстояния r до оси соленоида как $\chi = \alpha r^2$, где α – постоянная. На оси соленоида магнитная индукция равна B_0 . Найти зависимость от расстояния r плотности тока намагничивания j .
- 4.27. Вдоль длинного однородного провода круглого сечения радиусом R из парамагнетика с магнитной восприимчивостью χ течет постоянный ток I . Найти зависимость магнитной индукции B от расстояния r до оси провода.
- 4.28. Постоянный ток I течет по длинному однородному проводу круглого сечения радиусом R из материала с магнитной проницаемостью μ . Найти энергию W магнитного поля внутри провода в расчете на единицу его длины.

Раздел V.

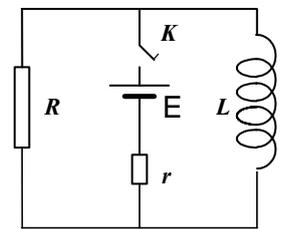
- 5.1. В схеме, изображенной на рисунке, заданы ЭДС источника E (внутреннее сопротивление равно нулю), емкость конденсатора C и сопротивления резисторов R_1 и $R_2 = 5R_1$. В момент времени $t = 0$ замыкают ключ. Найти зависимость мощности, выделяющейся на резисторе R_1 , от времени.



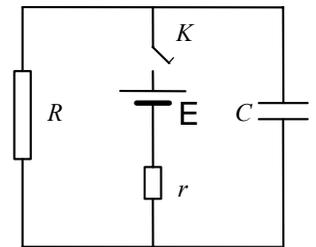
- 5.2. В схеме, изображенной на рисунке, заданы ЭДС источника E (внутреннее сопротивление равно нулю), индуктивность катушки L и сопротивления резисторов R_1 и $R_2 = 5R_1$. В момент времени $t = 0$ замыкают ключ. Найти зависимость силы тока $I_1(t)$, прошедшего через резистор R_1 , от времени.



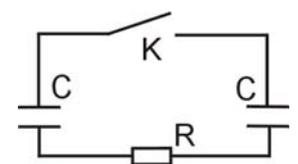
- 5.3. Найти закон изменения силы тока $I(t)$ через катушку индуктивности после замыкания ключа K в цепи, изображенной на рисунке (величины E , R , r , и L заданы).



- 5.4. Найти закон изменения заряда $q(t)$ на обкладках конденсатора C после замыкания ключа K в цепи, изображенной на рисунке (величины E , R , r , и C заданы).



- 5.5. В схеме, показанной на рисунке, один из конденсаторов зарядили до напряжения U (второй конденсатор не заряжен) и в момент времени $t = 0$ замкнули ключ. Найти зависимость силы тока $I(t)$ в цепи от времени.

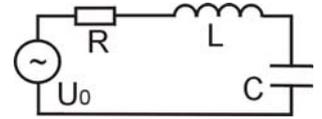


- 5.6. В контуре, добротность которого $Q \gg 1$ и собственная частота колебаний ω_0 , затухают колебания. Определите время, за которое энергия, запасенная в контуре, уменьшается в η раз?

- 5.7. Цепь, содержащая последовательно соединенные конденсатор и катушку с активным сопротивлением, подключена к источнику гармонического напряжения. Частоту ЭДС источника можно менять, не изменяя ее амплитуду. При частотах ω и Ω амплитуды установившегося тока оказались одинаковыми. Найти резонансную частоту данного контура.

- 5.8. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью C и катушку индуктивностью L и активным сопротивлением R . Через какое число колебаний амплитуда тока уменьшится в e раз (затухание считать малым)?
- 5.9. Найти добротность контура с емкостью C и индуктивностью L , если на поддержание незатухающих колебаний с амплитудой напряжения на конденсаторе U необходимо подводить мощность P (затухание считать малым).

- 5.10. Источник гармонического напряжения с амплитудой U_0 и частотой ω подключен к колебательному контуру (величины C , L и R известны). Вывести формулу зависимости амплитуды колебаний заряда q на пластинах конденсатора от частоты ω .

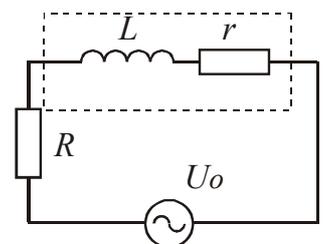


- 5.11. К источнику синусоидального напряжения амплитудой U_0 подключили последовательно соединенные сопротивление R и катушку с активным сопротивлением. Найти мощность, потребляемую катушкой, если разность фаз между током в цепи и напряжением источника равна φ , а амплитуды напряжений на сопротивлении R и катушке одинаковы.
- 5.12. К источнику переменного напряжения с частотой ν подключены последовательно соединенные идеальная катушка индуктивности L и реостат с таким сопротивлением R , что между напряжением источника и напряжением на катушке разность фаз равна φ . Найти R и емкость C , которую надо включить последовательно в эту цепь, чтобы разность фаз между напряжением источника и напряжением на катушке стала равной $\pi/2$?

- 5.13. Электрическая цепь, состоящая из последовательно соединенных катушки индуктивности L , резистора R и конденсатора C , подключена к сети переменного тока с частотой ν и амплитудой U_0 . Определите C , при котором U_L будет максимальным. Определите U_L в этом случае.

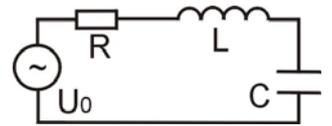
- 5.14. Катушка с индуктивностью L и активным сопротивлением R подключена к источнику синусоидального напряжения, действующее значение которого U_d , а частота ν . Определите действующее значение силы тока в цепи и разность фаз между напряжением и током.

- 5.15. Катушка с индуктивностью L и сопротивлением r соединена последовательно с резистором сопротивлением R и подключена к сети переменного напряжения амплитуды U_0 и частоты ω . При каком сопротивлении R в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность?

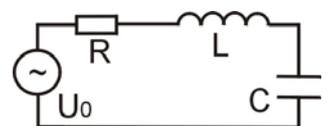


- 5.16. Последовательно соединённые резистор с сопротивлением $R = 50$ Ом и конденсатор подключены к источнику внешней ЭДС с амплитудным значением $U_0 = 200$ В. Определить разность фаз между током и внешней ЭДС, если амплитуда установившегося тока в цепи составляет $I_0 = 2$ А.
- 5.17. К источнику синусоидального напряжения, действующее значение которого U_d , а частота ν , подключена катушка с активным сопротивлением. Разность фаз между напряжением и током составляет φ . Определить индуктивность катушки, если известно, что на ней выделяется мощность P .
- 5.18. Цепь, состоящую из последовательно соединённых сопротивления R и катушки индуктивности с активным сопротивлением, подключили к сети с действующим напряжением U_0 . Найти тепловую мощность, выделяющуюся на катушке, если действующие напряжения на сопротивлении и катушке равны соответственно U_1 и U_2 .

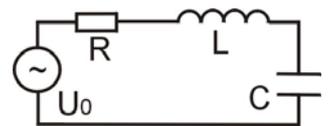
- 5.19. Колебательный контур подключен к источнику синусоидального напряжения с амплитудой $U_0 = 10$ В. Найти амплитуду напряжения U_L на катушке индуктивности, если амплитуды напряжений на конденсаторе и резисторе равны соответственно $U_C = 2$ В и $U_R = 6$ В.



- 5.20. При подключении колебательного контура (величины C , L и R известны) к источнику гармонического напряжения разность фаз между силой тока в контуре и напряжением источника равна $\pi/4$ (ток отстает по фазе от напряжения). Найти частоту ω источника.



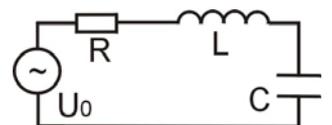
- 5.21. Источник синусоидального напряжения с частотой ω подключили к колебательному контуру. При этом амплитуды напряжений на конденсаторе и катушке индуктивности оказались равными соответственно $U_C = 12$ В и $U_L = 48$ В. Найти резонансную частоту $\omega_{\text{рез}}$ контура (затухание считать малым).



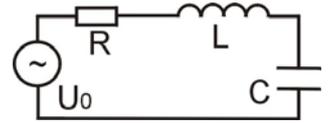
- 5.22. Колебательный контур подключили к источнику синусоидального напряжения. При этом разность фаз между силой тока в контуре и напряжением источника оказалась равной φ , а амплитуда тока, протекающего через активное сопротивление R , равна I . Найти амплитуду напряжения U_0 источника.



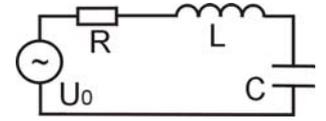
- 5.23. Источник гармонического напряжения с амплитудой U_0 и частотой ω подключен к колебательному контуру (величины C , L и R известны). Вывести формулу зависимости амплитуды колебаний напряжения U_L на катушке от частоты ω .



- 5.24. Источник гармонического напряжения с частотой ω подключен к колебательному контуру (величины C , L и R известны). Вывести формулу зависимости разности фаз между напряжением U_0 на источнике и напряжением U_C на конденсаторе от частоты ω .



- 5.25. К колебательному контуру, активное сопротивление и индуктивность которого равны соответственно $R = 5$ Ом и $L = 0,1$ Гн, подключили источник гармонического напряжения с частотой $\nu = 50$ Гц. При этом импеданс контура равен $Z = 50$ Ом. Определите резонансную частоту контура.



- 5.26. К источнику синусоидального напряжения подключили последовательно соединенные сопротивление R и конденсатор C . При этом амплитуды напряжений на R и C одинаковы. Во сколько раз следует изменить частоту и (или) амплитуду напряжения источника, чтобы напряжение на сопротивлении выросло в $n = 2$ раза, а напряжение на конденсаторе уменьшилось в $m = 2$ раза.