

**ПРИЛОЖЕНИЕ 9.1
К КУРСУ О.Ю.ШВЕДОВА
«ЭЛЕКТРОДИНАМИКА»**

задания для разбора с преподавателем

Москва — Курск — Орел — Рязань, 2010 г.

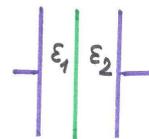
21. Конденсаторы, диэлектрики и батареи

Э21а.1 (Гольдфарб, 17.2) Два шара, один диаметром $d_1 = 10$ см и зарядом $q_1 = 6 \cdot 10^{-10}$ Кл, другой — $d_2 = 30$ см и $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл, соединяются длинной тонкой проволокой. Какой заряд пройдет по ней?

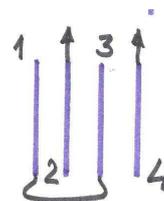
Э21а.2 (НГУ, 6.4.5) Определите емкость сферического конденсатора, образованного двумя концентрическими сферами радиусами R_1 и R_2 .

Э21а.3 (МФТИ-1, 3.41) Внутренняя обкладка сферического воздушного конденсатора радиусом $r = 2$ см окружена сферическим слоем диэлектрика с проницаемостью $\varepsilon = 2$. Внешний радиус диэлектрического слоя $R = 4$ см. Какой максимальный заряд можно сообщить такому конденсатору? Электрические прочности воздуха и диэлектрика одинаковы и равны $E_0 = 30$ кВ/см.

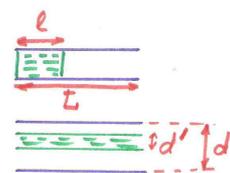
Э21а.4 (Гольдфарб, 17.20) Между пластинами конденсатора находятся два диэлектрика с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 . При каком соотношении между толщинами d_1 и d_2 слоев диэлектриков падение потенциала в каждом диэлектрике окажется равным половине разности потенциалов, приложенных к конденсатору? Найдите емкость такого конденсатора, если площадь каждой пластины S .



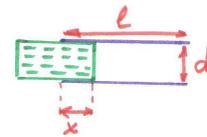
Э21а.5 (МФТИ-1, 3.25) Четыре одинаковые металлические пластины расположены в воздухе на равных расстояниях d друг от друга. Площадь каждой из пластин равна S . Пластина 1 соединена проводником с пластиной 3, от пластин 2 и 4 сделаны выводы. Определите емкость такого сложного конденсатора. Расстояние d между пластинами мало по сравнению с их размерами.



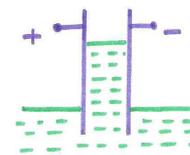
Э21а.6 (МГУ-1, 470) Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε , как показано на рисунке. Площадь пластин конденсатора равна S . Определите емкость конденсатора в обоих случаях.



Э21а.7 (МГУ-1, 476) Две прямоугольные пластины длины l и площади S расположены параллельно друг другу на расстоянии d . Пластины заряжены до разности потенциалов U . В пространство между пластинами втягивается диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ε . Толщина диэлектрика равна d , его ширина равна ширине пластин, а длина больше l . Найдите зависимость силы, действующей на диэлектрик со стороны поля, от расстояния x .

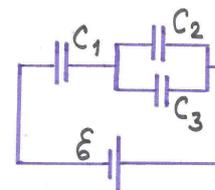


Э21а.8 (НГУ, 6.6.21) В широкий сосуд с жидкостью ставится вертикально плоский конденсатор так, что нижняя часть пластин конденсатора погружается в жидкость. Конденсатор подключен к батарее, которая поддерживает на обкладках конденсатора разность потенциалов V . Расстояние между пластинами конденсатора d , плотность жидкости ρ , диэлектрическая проницаемость ε . Жидкость несжимаема. На какую высоту поднимется жидкость?



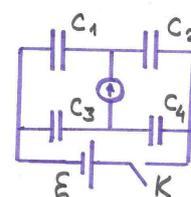
Э21а.9 (МФТИ-1, 3.17) Два плоских конденсатора одинаковой емкостью C_0 заряжают до разности потенциалов U_0 и соединяют. В одном из конденсаторов расстояние между пластинами увеличивают в три раза. Найдите заряды конденсаторов и разность потенциалов на них.

Э21а.10 (Гольдфарб, 17.9) Даны три конденсатора, соединенные так, как показано на рисунке, и подключенные к источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В. Определите заряды на каждом из конденсаторов, если их емкости равны $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ и $C_3 = 3$ мкФ.

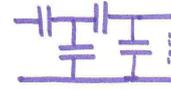


Э21а.11 (Гольдфарб, 17.28, переработка) Три источника тока, ЭДС которых $\mathcal{E}_1 = 6$ В, $\mathcal{E}_2 = 3$ В и $\mathcal{E}_3 = 2$ В, и три конденсатора емкостями $C_1 = 3$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ и $C_3 = 1$ мкФ соединяются между собой последовательно в замкнутую цепь, чередуясь друг с другом. Найдите напряжение на каждом конденсаторе.

Э21а.12 (МФТИ-1, 3.38) Какой заряд Q протечет через гальванометр после замыкания ключа в электрической цепи, схема которой изображена на рисунке?



Э21а.13 (НГУ, 6.4.9-1) Определите емкость бесконечной цепочки конденсаторов, изображенных на рисунке. Емкости всех конденсаторов равны C .



Э21а.14 (физфак, 2005) В вакууме находятся три тонкие концентрические металлические сферы, радиусы которых равны $R_1 = R$, $R_2 = 2R$ и $R_3 = 4R$. Первая и третья сферы не заряжены, а заряд второй сферы равен q . Найти потенциал φ_2 второй сферы после соединения первой и третьей сфер тонким изолированным проводником через небольшое отверстие во второй сфере.

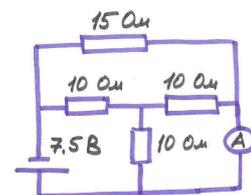
Э21а.15 (ВМК, 2004) Непроводящая цилиндрическая труба, открытая с обоих концов, расположена горизонтально. В трубке находятся два металлических поршня площадью S каждый, способные перемещаться без трения. Пространство между поршнями заполнено воздухом при атмосферном давлении, причем расстояние между поршнями мало по сравнению с их диаметрами. Во сколько раз n уменьшится расстояние между поршнями, если их зарядить разноименными зарядами q и $-q$? Температура воздуха постоянна, атмосферное давление p_0 . Электрическое поле между поршнями считать однородным. Поляризацией материала трубки пренебречь.

22. Цепи постоянного тока

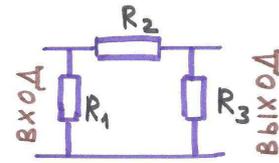
Э22а.1 (Гольдфарб, 19.1, переработка) Электрическая цепь составлена из четырех кусков провода одной и той же длины и сделанных из одинакового материала, соединенных последовательно. Площади сечения кусков равны S , $2S$, $3S$ и $4S$. Разность потенциалов на концах цепи равна $U = 100$ В. Определите падение напряжения на каждом проводнике.

Э22а.2 (Гольдфарб, 19.2) К сети напряжением $U = 120$ В присоединяются два сопротивления. При их последовательном соединении сила тока равна $I_0 = 3$ А, а при параллельном — суммарная сила тока равна $I = 16$ А. Чему равны сопротивления?

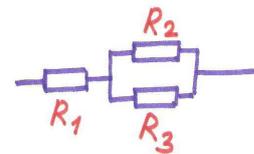
Э22а.3 (Гольдфарб, 19.20) Какой силы ток I_A течет через амперметр с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением в цепи, показанной на рисунке?



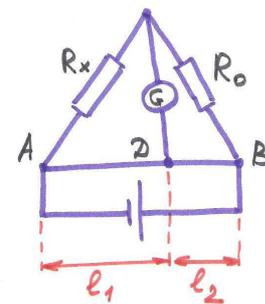
Э22а.4 (Гольдфарб, 19.10) Если на вход электрической цепи, изображенной на рисунке, подать напряжение $U_1 = 100$ В, то напряжение на выходе $U_3 = 40$ В. При этом через сопротивление R_2 идет ток силой $I_2 = 1$ А. Если на выход цепи подать напряжение $U'_3 = 60$ В, то напряжение на входе окажется равным $U'_1 = 15$ В. Определите сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3 .



Э22а.5 (ВМК, 2003) На рисунке изображен участок цепи постоянного тока, содержащий три резистора, сопротивления которых неизвестны. При этом через резистор R_1 протекает ток $I_1 = 1,6$ А, а напряжение на резисторе R_2 составляет $U_2 = 2$ В. Найти величину сопротивления R_3 , если известно, что она в $n = 3$ раза превышает величину сопротивления R_2 .

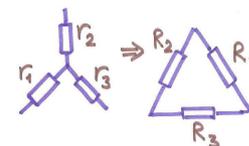


Э22а.6 (МГУ-1, 490) На рисунке изображена схема мостика Уитстона для измерения сопротивлений. R_x — неизвестное сопротивление, R_0 — эталонное сопротивление, G — гальванометр, соединенный скользящим контактом с однородным проводником большого сопротивления. Покажите, что при отсутствии тока через гальванометр имеет место соотношение $R_x : R_0 = l_1 : l_2$.

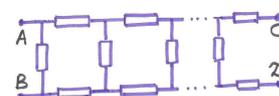


Э22а.7 (Гольдфарб, 20.11) Батарея аккумуляторов, ЭДС которой $\mathcal{E} = 6$ В, замкнута на два последовательно соединенных реостата, каждый сопротивлением $r = 5$ кОм. Каковы показания вольтметра, присоединенного к клеммам одного реостата, если сопротивление вольтметра $R = 100$ кОм? Внутреннее сопротивление батареи мало.

Э22а.8 (Гольдфарб, 19.12) Какими должны быть сопротивления r_1, r_2, r_3 , чтобы звезду, составленную из них, можно было бы включить вместо треугольника, составленного из сопротивлений R_1, R_2 и R_3 ?

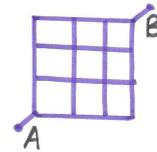


Э22а.9 (МГУ-1, 491) Какое сопротивление R_x необходимо включить между точками С и D, чтобы сопротивление всей цепочки между точками А и В не зависело от числа элементарных ячеек? Сопротивление каждого из резисторов равно R .



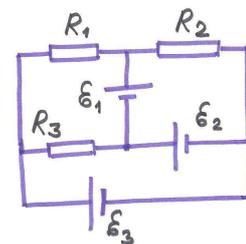
Э22а.10 (Гольдфарб, 19.15-1) Определите сопротивление каркаса в виде куба, включенного в цепь двумя вершинами. Сопротивление каждого из звеньев r . Рассмотрите все возможные случаи.

Э22а.11 (Гольдфарб, 19.16) Определите сопротивление цепочки между точками А и В. Сопротивление каждого из звеньев r .



Э22а.12 (НГУ, 8.3.28, переработка) Две батареи с ЭДС $\mathcal{E}_1 = 20$ В и $\mathcal{E}_2 = 30$ В и внутренними сопротивлениями $r_1 = 4$ Ом и $r_2 = 60$ Ом соединены параллельно. Определите ток короткого замыкания, сопротивление и ЭДС этой сложной батареи.

Э22а.13 (МФТИ-1, 3.72) Сопротивления всех резисторов в схеме одинаковы: $R_1 = R_2 = R_3 = R$. ЭДС батарей равны $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}$, $\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}$, $\mathcal{E}_3 = 4\mathcal{E}$. Определите значения и направления токов, протекающих по каждому резистору, а также токов, протекающих через батареи. Внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.



Э22а.14 (МФТИ-1, 3.165) По медному проводу сечением $S = 1$ мм² течет ток. Сила тока $I = 10$ мА. Найдите среднюю скорость v упорядоченного движения электронов вдоль проводника. Считайте, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости. Атомная масса меди $A = 63,6$, плотность $\rho = 8,9$ г/см³.

Э22а.15 (Гольдфарб, 22.4) Какой силы ток должен проходить через раствор электролита, чтобы за $t = 1$ мин разлагался $m = 1$ г воды? Каков объем выделившегося при этом гремучего газа при нормальных условиях?

23. Превращение энергии в цепях постоянного тока

Э23а.1 (ВМК, 2002) Два нагревателя при параллельном подключении к сети развивают суммарную мощность W , а при последовательном — W_2 . Каковы мощности W_{01} и W_{02} нагревателей по отдельности?

Э23а.2 (химфак, 2004) Аккумуляторная батарея с ЭДС $\mathcal{E} = 11$ В подключена к зарядному устройству. Разность потенциалов на клеммах зарядного устройства при этом равна $U = 14$ В. Какая часть мощности, потребляемой аккумулятором, расходуется на его нагревание?

Э23а.3 (Гольдфарб, 21.18) Источник тока, ЭДС которого \mathcal{E} , а внутреннее сопротивление r , замкнут на реостат. Постройте график зависимости мощности P , развиваемой во внешней цепи, от сопротивления R реостата. При каком соотношении внешнего и внутреннего сопротивлений достигается максимальная мощность во внешней цепи? Каков при этом КПД установки?

Э23а.4 (Гольдфарб, 21.23) Элемент замыкается один раз на сопротивлении $R_1 = 4$ Ом, а другой раз на $R_2 = 9$ Ом. В обоих случаях на сопротивлениях выделяется одинаковая мощность. Каково внутреннее сопротивление элемента?

Э23а.5 (ВМК, 1999) Во внешней нагрузке, подключенной к батарее, выделяется мощность $W = 1$ Вт. Чему равен коэффициент полезного действия этой цепи (отношение мощности, выделяющейся в нагрузке, к полной мощности, развиваемой батареей), если при подключении той же нагрузки к двум таким батареям, соединенным последовательно, мощность в нагрузке стала равной $W_2 = 1,44$ Вт?

Э23а.6 (ВМК, 1999) При подключении нагрузки к батарее с внутренним сопротивлением $r_1 = 0,1$ Ом во внешней цепи выделяется мощность $W_1 = 1$ Вт. В той же нагрузке, питаемой от батареи с внутренним сопротивлением $r_2 = 0,2$ Ом и прежней ЭДС, выделяется мощность $W_2 = 0,64$ Вт. Чему равно сопротивление нагрузки R ?

Э23а.7 (Гольдфарб, 21.49) Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода в чайнике закипает через $t_1 = 15$ мин, при включении другой — через $t_2 = 30$ мин. Через какое время закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки последовательно? параллельно?

Э23а.8 (химфак, 2001) В банку налито $m = 2$ кг воды. Когда в банку опускают один кипятильник, включенный в сеть с эффективным значением напряжения $U = 160$ В, то вода закипает через $\tau_1 = 4$ мин. Когда одновременно с первым в банку опускают другой кипятильник, включенный параллельно, вода в банке закипает через $\tau_2 = 3$ мин. Найти сопротивления спиралей кипятильников, если температура воды в банке была равна $t = 20^\circ\text{C}$. Удельную теплоемкость воды принять равной $c = 4000$ Дж/(кг · К). Теплоемкостью банки и зависимостью сопротивления кипятильников от температуры пренебречь.

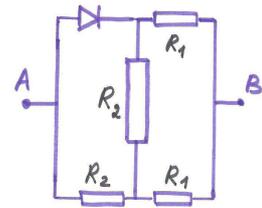
Э23а.9 (Гольдфарб, 21.45) Как изменится температура медного стержня, если по нему в течение времени $t = 0,5$ с будет проходить ток, плотность которого $j = 9$ А/мм²? При расчете принять, что теплопереда-

ча с окружающими телами отсутствует. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, удельная теплоемкость $c = 380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, плотность $\rho_0 = 8900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

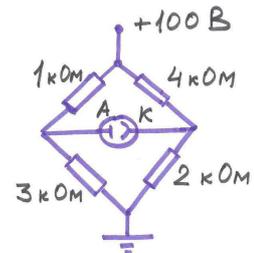
Э23а.10 (Гольдфарб, 21.52) Два проводника, сделанные из одного и того же материала, включены последовательно. Найдите отношение температур проводников при подключении их в сеть, если один из проводников в два раза толще второго, а теплоотдача пропорциональна площади поверхности проводника и разности температур проводника и окружающего воздуха. Температура воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

24. Конденсаторы и нелинейные элементы в цепях постоянного тока

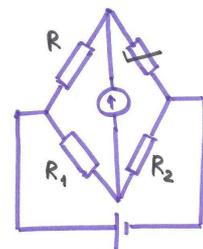
Э24а.1 (МФТИ-1, 3.108) Определите сопротивление электрической цепи для двух направлений тока: ток течет от А к В и ток течет от В к А. Сопротивления резисторов $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 60 \text{ Ом}$. Диод считайте идеальным.



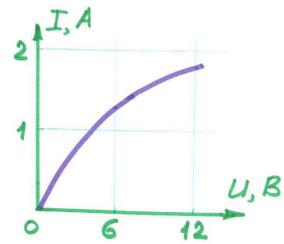
Э24а.2 (МФТИ-1, 3.110) Электрическая цепь содержит резисторы с сопротивлениями $R = 1 \text{ кОм}$, $2R$, $3R$ и $4R$ и фотоэлемент. Если потенциал анода фотоэлемента выше, чем потенциал катода, то сила тока фотоэлемента $I_0 = 10 \text{ мА}$. В обратном случае ток фотоэлемента равен нулю. К цепи приложили напряжение $U = 100 \text{ В}$. Определите напряжение на фотоэлементе.



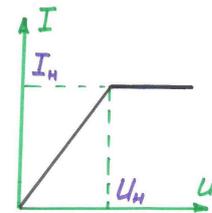
Э24а.3 (МФТИ-1, 3.112) На рисунке изображена схема мостика Уитстона, в которой сопротивления резисторов $R = 5 \text{ Ом}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, а вольт-амперная характеристика нелинейного элемента имеет вид $I = \alpha U^2$. Определите коэффициент пропорциональности α , если известно, что мостик оказывается сбалансированным при ЭДС батареи $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$.



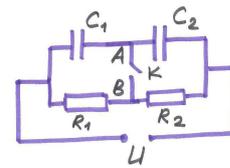
Э24а.4 (МФТИ-1, 3.121) На рисунке приведена зависимость силы тока через автомобильную лампочку от напряжения на ней. Лампочку подключают к источнику постоянного напряжения $\mathcal{E} = 10$ В последовательно с резистором, сопротивление которого $R = 4$ Ом. Определите мощность лампочки.



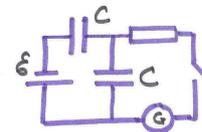
Э24а.5 (МФТИ-1, 3.114) В случае несамостоятельного газового разряда зависимость силы тока I через газоразрядную трубку от напряжения на трубке U имеет вид, показанный на рисунке. При некотором напряжении на трубке U ток через трубку достигает насыщения. Сила тока насыщения $I = 10$ мкА. Если трубка, последовательно соединенная с некоторым балластным резистором, подключена к источнику с ЭДС $\mathcal{E} = 2 \cdot 10^3$ В, сила тока через трубку $I_0 = 5$ мкА. Как надо изменить сопротивление балластного резистора, чтобы достичь насыщения?



Э24а.6 (Гольдфарб, 20.23) В схеме, изображенной на рисунке, известны величины $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, $C_1 = C$, $C_2 = C$, U . Какой заряд пройдет через ключ К, если его замкнуть?

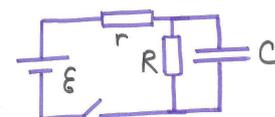


Э24а.7 (НГУ, 8.4.7) Какой заряд протечет через гальванометр после замыкания ключа? Какое количество теплоты выделится на сопротивлении?



Э24а.8 (Гольдфарб, 21.1) В плоский конденсатор вдвигают с постоянной скоростью v металлическую пластину площадью S и толщиной a . Конденсатор подключен к источнику ЭДС \mathcal{E} последовательно с сопротивлением R . Какая мощность выделяется на сопротивлении при движении пластины? Длина пластин конденсатора равна l , площадь пластин S и расстояние между ними d .

Э24а.9 (НГУ, 8.4.12) В цепи течет постоянный ток. Ключ размыкают. Через какое время заряд на конденсаторе изменится на $1/1000$ первоначальной величины?

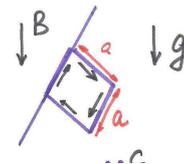


Э24а.10 (Гольдфарб, 18.4, переработка) Плоский конденсатор емкости C заполнен средой с диэлектрической проницаемостью ϵ и удельным сопротивлением ρ . Чему равно сопротивление утечки конденсатора R ? Справедливо ли полученное соотношение для R и C , если конденсатор

не является плоским?

25. Магнитостатика

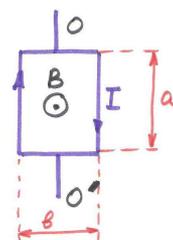
Э25а.1 (НГУ, 9.1.6) Квадратная рамка с током закреплена так, что может свободно вращаться вокруг горизонтально расположенной стороны. Рамка находится в вертикальном однородном магнитном поле индукции B . Угол наклона рамки к горизонту α , ее масса m , длина стороны a . Найдите ток в рамке.



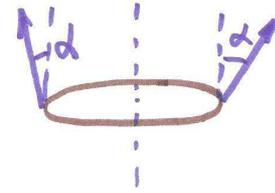
Э25а.2 (физфак, 2002) Равносторонний треугольник массой m , изготовленный из жесткой тонкой проволоки, может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его вершину A параллельно противоположной стороне BC . Длина стороны треугольника равна a . Сторона BC лежит на опоре так, что плоскость треугольника горизонтальна. Треугольник находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны и перпендикулярны оси вращения. Найти величину B индукции поля, при которой треугольник не будет давить на опору, если по нему течет постоянный ток I .

Э25а.3 (физфак, 1999, упрощена) Тонкий стержень длины L и массы m подвесили за концы на двух одинаковых легких нерастяжимых нитях длиной H в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B так, что его ось горизонтальна, а нити вертикальны. Затем через стержень пропустили заряд q столь быстро, что стержень практически не сместился от положения равновесия. На какую максимальную высоту h поднимется стержень?

Э25а.4 (МГУ-1, 574) Прямоугольный контур $ABCD$, стороны которого имеют длину a и b , находится в однородном магнитном поле индукции B и может вращаться вокруг оси OO' . По контуру течет постоянный ток I . Определите работу, совершенную магнитным полем при повороте контура на 180° , если в начале плоскость контура была перпендикулярна магнитному полю и сам контур расположен так, как показано на рисунке.



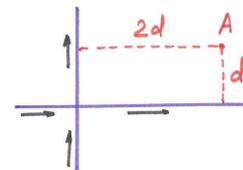
Э25а.5 (МГУ-1, 573) Проволочное кольцо радиуса R находится в неоднородном магнитном поле, линии которого составляют в точках пересечения с кольцом угол α относительно нормали к плоскости кольца. Индукция магнитного поля, действующего на кольцо, равна B . По кольцу течет ток I . С какой силой магнитное поле действует на кольцо?



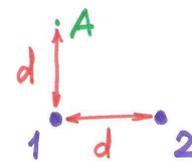
Э25а.6 (МГУ-1, 565) По круговому контуру радиуса R течет ток I . Определите индукцию магнитного поля в произвольной точке, лежащей на перпендикуляре, восставленном к плоскости контура из его центра, на расстоянии x от центра.

Э25а.7 (МФТИ-1, 3.140) Длинный соленоид намотан в один слой из проволоки толщиной $d = 1$ мм. Максимально допустимое значение силы тока, который можно пропустить по этому проводу, равно $I_0 = 5$ А. Какой может быть индукция магнитного поля в таком соленоиде?

Э25а.8 (МФТИ-1, 3.137) На рисунке изображены провода, по которым в указанных стрелками направлениях текут одинаковые токи $I = 1$ А. Определите магнитное поле в точке А, лежащей в той же плоскости, что и провода. Расстояние $d = 1$ см.



Э25а.9 (МФТИ-1, 3.136) По проводам 1 и 2 протекает ток в одном направлении (сила тока I). Где на прямой, соединяющей 1 и 2, надо расположить провод и какой по нему пропустить ток, чтобы в точке А магнитное поле оказалось равным нулю?

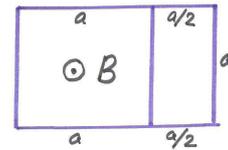


Э25а.10 (Иродов, 3.267) Система состоит из двух параллельных друг другу плоскостей с токами, которые создают между плоскостями однородное магнитное поле с индукцией B . Вне этой области магнитное поле отсутствует. Найдите магнитную силу, действующую на единицу поверхности каждой плоскости.

26. Электромагнитная индукция и электродвигатели

Э26а.1 (Гольдфарб, 23.28) Вектор индукции B однородного магнитного поля перпендикулярен плоскости медного кольца ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м), имеющего диаметр $D = 20$ см и толщину $d = 2$ мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция B , чтобы сила индукционного тока в кольце была равна $I = 10$ А?

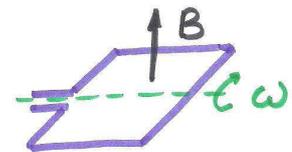
Э26а.2 (МГУ-1, 591) Определите силу тока в проводниках цепи, изображенной на рисунке, если индукция однородного магнитного поля перпендикулярна плоскости чертежа и изменяется во времени по закону $B = kt$. Сопротивление единицы длины проводников равно ρ .



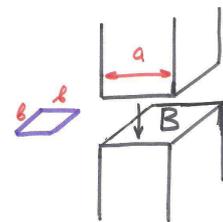
Э26а.3 (МГУ-1, 603) Из провода длины l изготовили соленоид длины l_0 . Диаметр соленоида $d \ll l_0$. Определите индуктивность соленоида.

Э26а.4 (МГУ-1, 586) Катушка из n витков, площадь каждого из которых равна S , присоединена к баллистическому гальванометру, измеряющему количество прошедшего через него электричества. Сопротивление всей цепи равно R . Вначале катушка находится между полюсами магнита в области, где магнитное поле однородно и индукция его B перпендикулярна площади витков. Затем катушку переместили в пространство, где магнитное поле отсутствует. Чему равно количество электричества, прошедшее через гальванометр?

Э26а.5 (НГУ, 11.1.7) Индукция постоянного магнитного поля измеряется с помощью квадратной рамки, размеры которой $a \times a$, вращающейся с угловой скоростью ω . Ось ее вращения перпендикулярна направлению магнитного поля. Амплитуда электрического напряжения, снимаемого с рамки, равна V . Найдите индукцию магнитного поля.

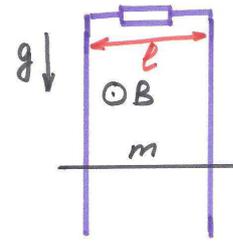


Э26а.6 (НГУ, 11.1.9) Квадратный замкнутый виток проволоки, длина стороны которого b , а сопротивление единицы длины ρ , проходит с постоянной скоростью v зазор электромагнита. Магнитное поле в зазоре одинаковое, его индукция равна B . Считая поле вне этого зазора равным нулю, определите энергию, превратившуюся в тепло, для случаев, когда протяженность зазора a в направлении движения витка меньше b и больше b , а в перпендикулярном направлении — больше b .

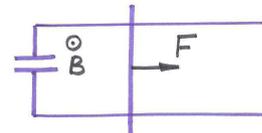


Э26а.7 (МФТИ-1, 3.190) Электродвигатель постоянного тока, включенный в цепь батареи с ЭДС $\mathcal{E}_0 = 24$ В, при полном сопротивлении цепи $R = 20$ Ом делает $n_1 = 600$ об/мин при силе тока в цепи $I = 0,2$ А. Какую ЭДС разовьет тот же двигатель, работая в качестве генератора, при числе оборотов $n_2 = 1400$ об/мин?

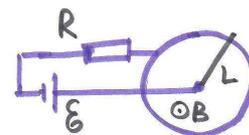
Э26а.8 (НГУ, 11.1.19) В однородном магнитном поле индукции B находятся две вертикальные рейки, расположенные в плоскости, перпендикулярной линиям поля. По рейкам, расстояние между которыми равно l , может скользить проводник массы m . Определите установившуюся скорость этого проводника, если верхние концы реек замкнуты на сопротивление R . В какие виды энергии переходит работа силы тяжести?



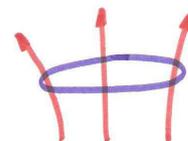
Э26а.9 (МГУ-1, 584) По двум металлическим параллельным рейкам, расположенным в горизонтальной плоскости и замкнутым на конденсатор емкости C , может без трения двигаться проводник массы m и длины l . Вся система находится в однородном магнитном поле, индукция B которого направлена вверх. К середине проводника перпендикулярно ему и параллельно рейкам приложена сила F . Определите ускорение подвижного проводника, если сопротивление реек, проводящих проводов и подвижного проводника равно нулю. В какие виды энергии превращается работа силы F ? Считайте, что в начальный момент времени скорость проводника равна нулю.



Э26а.10 (НГУ, 11.1.24) На рисунке изображена модель двигателя постоянного тока. ЭДС батареи \mathcal{E} , индукция магнитного поля B , сопротивление цепи R , длина перемычки L . Определите установившуюся угловую скорость перемычки и ток в цепи, если сила трения в подвижном контакте F .



Э26а.11 (физфак, 1999) В магнитном поле, вертикальная составляющая индукции которого убывает с высотой h по закону $B_h = (1 - kh)B_0$, с достаточно большой высоты падает тонкое кольцо массы m диаметром D и сопротивлением R так, что его ось все время остается вертикальной. Пренебрегая трением, найти установившуюся скорость падения кольца.



Э26а.12 (Гольдфарб, 21.32) Электродвигатель включен в сеть постоянного тока напряжением $U = 220$ В. Сопротивление обмотки двигателя $R = 2$ Ом, сила потребляемого тока $I = 10$ А. Найдите потребляемую

мощность и КПД двигателя.

Э26а.13 (химфак, 1999) Электродвигатель трамвайного вагона работает при постоянном напряжении $U = 600$ В, потребляя при этом ток силой $I = 100$ А. Сопротивление обмотки двигателя $R = 3$ Ом. Найти силу тяги F , развиваемую двигателем при движении вагона с постоянной скоростью $V = 36$ км/ч.

Э26а.14 (Гольдфарб, 23.58) Какую максимальную мощность может развить электродвигатель, включенный в сеть постоянного тока с напряжением $U = 120$ В, если полное сопротивление цепи $R = 20$ Ом? Какая сила тока протечет при этом по цепи?

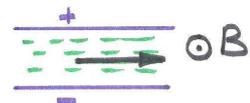
Э26а.15 (физфак, 2000) По тонкому диэлектрическому кольцу массой m , лежащему на гладкой горизонтальной плоскости, равномерно распределен заряд Q . Кольцо находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B . Найти угловую скорость, которую приобретет кольцо после выключения магнитного поля.

27. Движение в магнитном поле

Э27а.1 (НГУ, 10.1.2) Электрон, ускоренный напряжением $U = 200$ В, движется в магнитном поле Земли, индукция которого $B = 70$ мкТл. Найдите радиус окружности, по которой движется электрон, если скорость его перпендикулярна магнитному полю Земли.

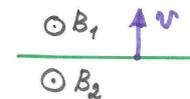
Э27а.2 (Гольдфарб, 23.18) Электроны, летящие в телевизионной трубке, обладают кинетической энергией $K = 12$ кэВ. Трубка ориентирована так, что электроны движутся горизонтально с юга на север. Вертикальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли направлена вниз, ее модуль равен $B = 5,5 \cdot 10^{-5}$ Тл. В каком направлении отклоняется электронный луч? Каково ускорение каждого электрона?

Э27а.3 (МФТИ-1, 3.169) Поток проводящей жидкости (расплавленный металл) течет по керамической трубе. Для определения скорости течения жидкости трубу помещают в однородное магнитное поле, перпендикулярное оси трубы, в трубе закрепляют два электрода, образующих плоский конденсатор, и измеряют разность потенциалов между электродами. Найдите скорость потока, если магнитная индукция поля равна $B = 0,01$ Тл, расстояние между электродами $d = 2$ см, измеренная разность потенциалов $U = 0,4$ мВ.



Э27а.4 (химфак, 2003) Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов $\Delta\varphi = 40$ В, влетает в область однородного магнитного поля, имеющую форму плоского слоя толщиной $h = 10$ см. Скорость электрона перпендикулярна как линиям магнитной индукции поля, так и плоской границе слоя. При какой минимальной величине индукции магнитного поля B электрон не пролетит сквозь этот слой? Отношение модуля заряда электрона к его массе $\gamma = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

Э27а.5 (НГУ, 10.2.1) Пространство разделено на две области плоскостью. В одной области создано магнитное поле индукции B_1 , в другой — индукции B_2 , причем поля однородны и параллельны друг другу. С плоскости раздела перпендикулярно ей стартует электрон со скоростью v в сторону области с индукцией поля B_1 . Опишите движение электрона. Определите среднюю дрейфовую скорость перемещения электрона вдоль границы раздела магнитных полей.

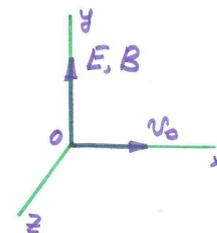


Э27а.6 (Иродов, 3.397) Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 1,0$ кВ, движется в однородном магнитном поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к вектору магнитной индукции. Величина магнитной индукции $B = 29$ мТл. Найдите шаг винтовой линии траектории электрона.

Э27а.7 (НГУ, 10.1.15, переработка) По орбите радиуса R вокруг протона вращается электрон. Систему поместили в магнитное поле B , направленное вдоль оси вращения. Найдите угловую скорость электрона.

Э27а.8 (ВМК, 2003) Горизонтальный стержень равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов, с угловой скоростью ω . На другом конце стержня закреплен маленький шарик массой m , несущий заряд q . Вся система находится в однородном постоянном магнитном поле, индукция которого B направлена горизонтально. Найдите максимальную величину F_{\max} силы F , с которой стержень действует на шарик в процессе движения, если известно, что минимальное значение силы F равно F_{\min} . Силу тяжести можно не учитывать, размером шарика по сравнению с длиной стержня — пренебречь.

Э27а.9 (Иродов, 3.402) Из начала координат области, где созданы параллельные оси y электрическое и магнитное поля с напряженностью E и индукцией B , вылетает в направлении оси x нерелятивистская частица с удельным зарядом q/m и начальной скоростью v_0 . Найдите координату y_n частицы в момент, когда она n -й раз пересечет ось y .



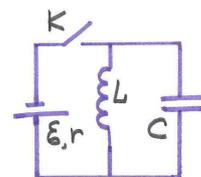
Э27а.10 (физфак, 2005) Маленький шарик массой m и зарядом q бросают с горизонтальной поверхности земли под углом α к ней, сообщив ему скорость v . Когда шарик поднялся на максимальную высоту, он попал в однородное вертикальное магнитное поле с индукцией B . Область, в которой есть магнитное поле, занимает половину пространства, а граница этой области вертикальна и перпендикулярна плоскости, в которой двигался шарик до попадания в магнитное поле. Пренебрегая влиянием воздуха, найти расстояние x от границы магнитного поля до точки падения шарика на землю, если эта точка находится в магнитном поле.

28. Колебания в электрических цепях

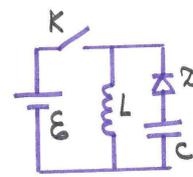
Э28а.1 (Гольдфарб, 24.7) Квадратная рамка площадью $S = 625 \text{ см}^2$ с замкнутой обмоткой из медного провода вращается в однородном магнитном поле индукции $B = 10^{-2} \text{ Тл}$, вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной силовым линиям поля, совершая $n = 1200$ оборотов в минуту. Определите, как изменится температура обмотки за время $t = 1 \text{ мин}$. Удельное сопротивление, теплоемкость и плотность меди соответственно равны $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $c = 378 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, $\rho_0 = 8800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Э28а.2 (Гольдфарб, 24.12) Контур состоит из катушки индуктивностью $L = 28 \text{ мкГн}$, сопротивления $R = 1 \text{ Ом}$ и конденсатора емкостью $C = 2222 \text{ пкФ}$. Какую мощность должен потреблять контур, чтобы в нем поддерживались незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе $U_m = 5 \text{ В}$?

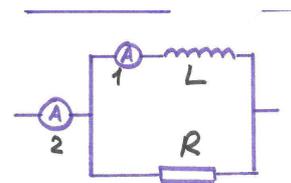
Э28а.3 (МФТИ-1, 3.197) Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, через ключ K подключен к источнику с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . Первоначально ключ K замкнут. После установления стационарного режима ключ K размыкают, и в контуре возникают колебания с периодом T . При этом амплитуда напряжения на конденсаторе в n раз больше ЭДС батареи. Найдите индуктивность катушки и емкость конденсатора. Сопротивлением катушки пренебречь.



Э28а.4 (МФТИ-1, 3.207) Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивностью L , конденсатора емкостью C и идеального диода D , через ключ K на время τ подключают к источнику с постоянной ЭДС \mathcal{E} , а затем отключают. Найдите зависимость напряжения на конденсаторе от времени после размыкания ключа и постройте график зависимости. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением катушки пренебречь.

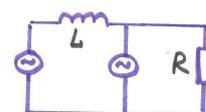


Э28а.5 (МФТИ-1, 3.215) Через параллельно соединенные резистор сопротивлением $R = 10$ Ом и катушку индуктивностью $L = 0,01$ Гн течет переменный ток с циклической частотой $\omega = 10^3$ с $^{-1}$. Амперметр A_1 показывает силу тока $I_1 = 2$ А. Найдите показание амперметра A_2 . Сопротивление амперметра A_1 очень мало.

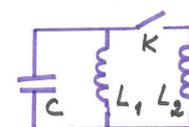


Э28а.6 (МФТИ-1, 3.217) Электрический паяльник мощностью $N = 50$ Вт рассчитан на включение в сеть переменного тока с напряжением $U = 127$ В. Какая мощность будет выделяться в паяльнике, если его включить в сеть переменного тока с напряжением $U_1 = 220$ В последовательно с идеальным диодом? Сопротивление паяльника считайте постоянным.

Э28а.7 (НГУ, 11.4.17-1) Найдите установившийся ток в электрической цепи, изображенной на рисунке. Внутреннее сопротивление источника напряжения равно нулю. Напряжение на источниках меняется по закону $\mathcal{E}_0 \sin \omega t$. Определите среднюю мощность, выделяющуюся в цепях, при $\mathcal{E}_0 = 200$ В, $R = 100$ Ом, $C = 10^{-4}$ Ф, $L = 1$ Гн. Частота напряжения источника $\nu = 50$ Гц.



Э28а.8 (НГУ, 11.4.21б) Конденсатор емкости C , заряженный до напряжения V_0 , разряжается через катушку индуктивности L_1 . Какой максимальный ток можно получить в катушке индуктивности L_2 , если замкнуть ключ K в момент, когда ток индуктивности L_1 максимален?



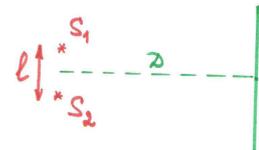
Э28а.9 (физфак, 2002) Для поддержания незатухающих колебаний в LC -контуре с малым затуханием емкость его конденсатора периодически изменяют: быстро увеличивают на $n = 2\%$ в тот момент, когда ток в

контуре становится экстремальным, и так же быстро уменьшают, когда ток становится равным нулю. Найти величину R сопротивления потерь в контуре, если период незатухающих колебаний равен $T = 2$ мс, а индуктивность контура $L = 0,1$ Гн.

Э28а.10 (физфак, 2004) Если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику гармонического напряжения с амплитудой $U = 100$ В и частотой $f_1 = 20$ кГц, то разность потенциалов на разомкнутых концах вторичной обмотки будет изменяться по гармоническому закону с амплитудой $U_{12} = 199$ В. Первичная обмотка имеет $n_1 = 2000$ витков, вторичная — $n_2 = 4000$ витков. Какой будет амплитуда разности потенциалов на разомкнутых концах вторичной обмотки, если частоту источника уменьшить до $f_2 = 2$ кГц? Рассеянием магнитного потока и потерями в сердечнике пренебречь. Магнитную проницаемость сердечника считать постоянной.

29. Волновая и квантовая оптика

Э29а.1 (МГУ-1, 802) Два когерентных источника света S_1 и S_2 расположены на расстоянии l друг от друга. На расстоянии $D \gg l$ от источников помещается экран. Найдите расстояние между соседними интерференционными полосами вблизи середины экрана, если источники посылают свет длины волны λ .



Э29а.2 (МФТИ-1, 4.155) Две плоские монохроматические волны падают на экран почти перпендикулярно под малым углом φ друг к другу. Длины волн одинаковы и равны λ . Чему равна при этом ширина интерференционных полос на экране?

Э29а.3 (химфак, 2005) Пленка прозрачной жидкости на поверхности стекла кажется черной при освещении ее монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Какова может быть минимальная толщина этой пленки d ? Показатель преломления пленки принять равным $n = 1,25$ и считать его меньше показателя преломления стекла.

Э29а.4 (Иродов, 5.90, переработка) Плосковыпуклая стеклянная линза выпуклой поверхностью соприкасается с зеркалом. Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы R , длина волны света λ . Найдите радиус r_n n -го светлого кольца Ньютона.

Э29а.5 (Иродов, 5.82) На поверхности стекла находится пленка воды. На нее падает свет с длиной волны $\lambda = 680$ нм под углом $\theta = 30^\circ$

к нормали. Найдите скорость, с которой уменьшается толщина пленки из-за испарения, если интенсивность отраженного света меняется так, что промежуток времени между двумя последовательными максимумами отражения $\Delta t = 15$ мин. Показатель преломления воды равен $n = 1,33$ и меньше показателя преломления стекла.

Э29а.6 (МГУ-1, 836) На дифракционную решетку, имеющую период $d = 4 \cdot 10^{-4}$ см, падает нормально монохроматическая волна. За решеткой расположена линза, имеющая фокусное расстояние $f = 40$ см, которая дает изображение дифракционной картины на экране. Определите длину волны λ , если первый максимум получается на расстоянии $l = 5$ см от центрального.

Э29а.7 (МГУ-1, 833) На дифракционную решетку, имеющую период $d = 4$ мкм, нормально падает монохроматическая волна. Оцените длину волны λ , если угол между спектрами второго и третьего порядков $\alpha = 2,5^\circ$.

Э29а.8 (МФТИ-1, 6.17) Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 83$ нм. На какое максимальное расстояние l от поверхности электрода может удалиться электрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле $E = 7,5$ В/см? Красная граница фотоэффекта для алюминия соответствует длине волны $\lambda_0 = 332$ нм.

Э29а.9 (Иродов, 5.304-1) Фотон с длиной волны $\lambda = 100$ нм рассеялся под прямым углом на покоившемся свободном электроне. На сколько изменилась длина волны фотона?

Э29а.10 (Иродов, 6.27) При переходе атома с уровня энергии 3 на уровень энергии 1 испускается фотон с длиной волны $\lambda_{31} = 410,2$ нм, при переходе с уровня энергии 2 на уровень энергии 1 — с длиной волны $\lambda_{21} = 486,1$ нм. Фотон какой длины волны будет испущен при переходе атома с уровня энергии 3 на уровень энергии 2?