

3. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

ВАРИАНТ I

Задача 1. Металлическое полукольцо радиусом 40 см несет отрицательный заряд, линейная плотность которого $\tau = -2 \cdot 10^{-10}$ Кл/м. Найти напряженность и потенциал в центре полукольца.

Ответ: 9 Н/Кл; -5,65 В.

Задача 2. Поверхностная плоскость заряда на равномерно заряженной бесконечно протяженной плоскости AA , расположенной вертикально (рис.26), $\sigma = +0,5 \cdot 10^{-10}$ Кл/см². В поле плоскости на закрепленной нити длиной 10 см висит шарик B массой 0,9 г. Определить заряд шарика, если угол отклонения нити от вертикали $\alpha = 30^\circ$. Найти работу сил поля по перемещению шарика.

Ответ: $1,78 \cdot 10^{-7}$ Кл; 250 мкДж.

Задача 3. Конденсатор емкостью 0,5 мкФ включен в цепь (рис.27). ЭДС источника $E = 4$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом; $R_1 = R_2 = R_3 = 6$ Ом. Найти заряд и энергию, накопленные конденсатором, а также промежуток времени, через который напряжение на конденсаторе уменьшится в e раз при отключении источника (здесь e — основание натурального логарифма).

Ответ: 0,6 мкКл; $0,36 \cdot 10^{-6}$ Дж; $1,5 \cdot 10^{-6}$ с.

Задача 4. Плоский конденсатор с пластинами разме-

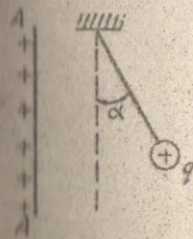


Рис.26

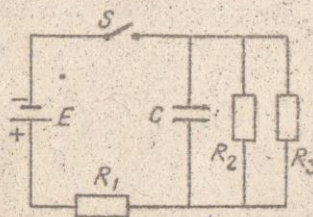


Рис.27

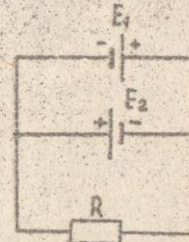


Рис.28

ром 16×16 см и расстоянием между ними 4 мм присоединен к полюсам батареи с ЭДС, равной 250 В. В пространство между ними вводят стеклянную пластину толщиной 4 мм ($\epsilon = 7$). Найти совершенную механическую работу, поверхностную плотность зарядов на пластинах конденсатора и связанных зарядов на стеклянной пластинке.

О т в е т: $10,6 \text{ мкДж}$; $3,9 \text{ мКл/м}^2$; $3,3 \text{ мКл/м}^2$.

Задача 5. К одному концу двухпроводной линии передачи электроэнергии присоединен источник постоянного тока, а к другому — потребитель с сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$. В линии произошло повреждение изоляции, в результате чего ток через нагрузку упал в 8 раз, а ток через источник вырос в 2 раза. Найти сопротивление изоляции в месте повреждения, если длина каждого провода линии равна 20 км, сопротивление единицы длины провода $\rho = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м}$. На каком расстоянии от источника произошло повреждение?

О т в е т: $3,5 \text{ км}$; 12 км .

Задача 6. Источник с ЭДС, равной 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом , замкнут на переменное внешнее сопротивление R . Определить максимальную мощность, выделяемую на внешнем участке цепи. Найти внешнее сопротивление, при котором на внешнем участке цепи выделяется мощность, равная $2P_{\text{max}}/3$, $0,5P_{\text{max}}$ и $P_{\text{max}}/3$. По полученным результатам построить график зависимости мощности, выделяемой на внешнем участке цепи, от внешнего сопротивления R и график зависимости КПД источника от внешнего сопротивления R .

О т в е т: 9 Вт ; $3,73 \text{ Ом}$; $0,27 \text{ Ом}$; $5,88 \text{ Ом}$; $0,17 \text{ Ом}$; $9,9 \text{ Ом}$; $0,1 \text{ Ом}$.

Задача 7. Две батареи аккумуляторов ($E_1 = 10 \text{ В}$; $r_1 = 1 \text{ Ом}$; $E_2 = 8 \text{ В}$; $r_2 = 2 \text{ Ом}$) и реостат $R = 6 \text{ Ом}$ соединены в цепь (рис.28). Вычислить силу тока в батареях и реостате.

О т в е т: $6,4 \text{ А}$; $5,8 \text{ А}$; $0,6 \text{ А}$.

Задача 8. Пучок электронов, направленный параллельно обкладкам конденсатора, отклоняется на расстояние 2 мм от

первоначального направления. Расстояние между пластинами конденсатора 2 см, длина пластин 4 см, приложенное напряжение 4,55 В. Найти скорость, с которой электрон влетел в конденсатор, и работу сил электрического поля, совершенную над электроном в конденсаторе, а также скорость, с которой электрон вылетает из конденсатора.

О т в е т: $4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$; $0,455 \text{ эВ}$; $4,02 \cdot 10^6 \text{ м.с}$.

Задача 9. Для определения отношения заряда электрона к его массе взяли катушку из металлической изолированной проволоки, насаженную на ось, и привели ее в быстрое вращение. Линейная скорость проволоки при этом оказалась равной $5 \cdot 10^8 \text{ см/с}$. Затем катушку быстро затормозили. Баллистический гальванометр, подключенный к концам катушки при помощи гибких, идущих вдоль оси проводов, показал, что через него прошло $3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Исходя из этих данных, определить отношение заряда электрона к его массе, если длина проволоки катушки 400 м, а сопротивление ее вместе с сопротивлением гальванометра 40 Ом. При решении задачи считать, что ток в гальванометре будет идти до тех пор, пока вся кинетическая энергия свободных электронов, приобретенная ими при вращении проволоки, не перейдет в теплоту.

О т в е т: $1,7 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

Задача 10. Полусферический заземлитель погружен в землю вровень с ее поверхностью. Найти напряжение шага, если длина шага 1 м, расстояние от ближней к заземлителю ноги человека до заземлителя 2 м. Удельное сопротивление грунта 10^8 Ом·м . Сила тока, протекающего через заземлитель, 1 А.

О т в е т: 27 В .

Задача 11. Океанское течение имеет скорость 2 узла (около 1 м/с) в районе, где вертикальный составляющая магнитного поля Земли $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$. Проводимость морской воды $0,04 \text{ (Ом·см)}^{-1}$. Найти плотность горизонтальной составляющей электрического тока.

О т в е т: $1,4 \text{ мА/м}^2$.

Задача 12. Частица, имеющая заряд электрона, влетает

- 44 -

- 45 -

в однородное магнитное поле с индукцией 10^{-2} Тл под углом 45° к силовым линиям и движется по винтовой линии с шагом 2 см. Определить импульс частицы.

О т в е т: $7,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг·м/с}$.

Задача 13. Шины электроподстанции представляют собой параллельные полосы длиной 3 м, находящиеся на расстоянии 50 см друг от друга. При коротком замыкании по ним может идти ток силой 10000 А. Определить силу, с которой взаимодействуют в точке шин, напряженность и магнитную индукцию магнитного поля в точке, лежащей между шинами посередине. Шины считать бесконечно длинными проводниками.

О т в е т: 120 Н ; $1,24 \cdot 10^4 \text{ А/м}$; 16 мТл .

Задача 14. Замкнутая на баллистический гальванометр катушка из медной проволоки, состоящая из нескольких круговых витков, находится в магнитном поле, вектор магнитной индукции которого параллелен оси катушки и по модулю равен 0,2 Тл. Радиус витка $r = 0,2 \text{ м}$, площадь поперечного сечения провода $S' = 0,58 \text{ мм}^2$. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом·м}$. Определить, какое количество электричества протечет по баллистическому гальванометру при выключении магнитного поля, если сопротивление гальванометра в 4 раза меньше сопротивления катушки.

О т в е т: 640 мКл .

Задача 15. Нужно построить электромагнит, который создает в зазоре магнитное поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$. Длина железного сердечника $l = 140 \text{ см}$, ширина воздушного зазора $\delta = 1 \text{ см}$, диаметр сердечника $D = 6 \text{ см}$. Определить наименьшее число витков N , которое должна иметь обмотка, если используется медный провод, площадь сечений которого 1 мм^2 и по которому можно пропустить ток, не меньший 3 А. Найти напряжение, которое нужно подавать на обмотку для получения этого поля. Магнитная проницаемость железа $\mu = 10^3$, удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом·м}$.

О т в е т: $3 \cdot 10^3$; 30 В .

Задача 16. Магнитная индукция поля между полюсами двухполюсного генератора $B = 0,8 \text{ Тл}$. Ротор имеет 100 витков

площадью 400 см^2 . Найти частоту вращения якоря, если максимальное значение ЭДС индукции 200 В.

О т в е т: 600 мин^{-1} .

Задача 17. В цепи переменного тока частотой $f = 50 \text{ Гц}$ находится реостат и катушка с индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$. Между напряжением и силой тока наблюдается сдвиг фазы $\varphi = 30^\circ$. Найти сопротивление реостата R , емкость C , которую нужно включить последовательно в цепь, чтобы устранить сдвиг фазы.

О т в е т: $54,4 \text{ Ом}$; 100 мкФ .

ВАРИАНТ 2

Задача 1. Определить напряженность на оси полубесконечного стержня в точке, отстоящей от конца стержня на расстоянии $z = 30 \text{ см}$. Стержень равномерно заряжен; линейная плотность заряда $\tau = 10^{-6} \text{ Кл/м}$.

О т в е т: $3 \cdot 10^4 \text{ В/м}$.

Задача 2. Два шарика радиусом 1 см и массой $4 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$ подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Когда шарики зарядили, нити разошлись на некоторый угол, а напряжение нитей стало равным $4,9 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$. Найти потенциал заряженных шариков, если известно, что расстояние от точки подвеса до центра каждого шарика $l = 10 \text{ см}$. Определить энергию электростатического взаимодействия этих шариков.

О т в е т: $19,5 \text{ кВ}$; 35 мкДж .

Задача 3. В трех вершинах квадрата со стороной 40 см находятся одинаковые положительные заряды по $5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ каждый. Найти в четвертой вершине квадрата напряженность и потенциал электростатического поля. Определить, какую работу против сил электростатического отталкивания нужно совершить, чтобы эти заряды поместить в вершины квадрата, сторона которого в 2 раза меньше.

О т в е т: 534 В/м ; 305 В ; $1,5 \text{ мкДж}$.

Задача 4. Поток электронов, получивших свою скорость в результате прохождения разности потенциалов 5000 В, влетает

- 47 -

- 46 -

в середину между пластинами плоского конденсатора. Найти наименьшее напряжение, которое нужно наложить на конденсатор, чтобы электроны не вылетали из него, если длина конденсатора $l = 5$ см, а расстояние между пластинами $d = 1$ см. Определить магнитное поле, которое способно компенсировать действие электрического поля в конденсаторе.

О т в е т: 400 В; $0,96 \cdot 10^{-3}$ Тл.

Задача 5. Плоский конденсатор, площадь обкладки которого 200 см^2 , а расстояние между обкладками 4 мм , наполовину заполнен двумя диэлектриками (рис.29): первый диэлектрик — стекло ($\epsilon_1 = 7$), второй — парафин ($\epsilon_2 = 3$). Найти поверхностную плотность зарядов на пластинах конденсатора.



Рис.29

Конденсатор зарядили напряжением 10 В и отключили от источника. Определить количество тепла, которое выделится при разрядке такого конденсатора при подключении его к сопротивлению $R = 1,5 \text{ Ом}$, и время, за которое напряжение на обкладках уменьшится в e раз.

О т в е т: 37 нКл/м^2 ; $3,7 \text{ нДж}$; $1,1 \cdot 10^{-10} \text{ с}$.

Задача 6. Радиус центральной жилы коаксиального кабеля 1 см , радиус оболочки 2 см . Между центральной жилой и оболочкой приложено напряжение 10^3 В . Вычислить напряженность электрического поля на расстоянии $1,5 \text{ см}$ от оси кабеля. Определить электроемкость единицы длины такого кабеля, если диэлектрическая проницаемость изоляции $\epsilon = 3$. Найти ток утечки, если удельная проводимость диэлектрика $40 \cdot 10^{-5} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$.

О т в е т: $0,24 \text{ нВ/м}$; $3,7 \text{ А/м}$; $9,6 \cdot 10^4 \text{ В/м}$.

Задача 7. Источник тока, ЭДС которого 4 В , дает ток короткого замыкания силой 4 А . Определить максимальную мощность, которая может выделяться на внешнем участке цепи этого источника. Определить мощности, выделяемые на внешних сопротивлениях

- 48 -

$R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 2,0 \text{ Ом}$ и $R_4 = 5,0 \text{ Ом}$, включенных во внешнюю цепь источника. Определить, при каких других сопротивлениях выделяются такие же мощности. Полученные результаты использовать для построения графика зависимости мощности, выделяемой на внешнем участке цепи, от ее внешнего сопротивления.

О т в е т: 4 Вт ; $2,56 \text{ Вт}$; 3 Вт ; $3,56 \text{ Вт}$; $2,22 \text{ Вт}$; $0,25 \text{ Ом}$; $0,33 \text{ Ом}$; $0,50 \text{ Ом}$; $0,20 \text{ Ом}$.

Задача 8. Две лампы мощностью по 100 Вт каждая и электрический нагревательный прибор сопротивлением 400 Ом включаются параллельно в сеть с напряжением 220 В . Определить, перегорит ли при этом свинцовый предохранитель в сети, если диаметр свинцовой проволоки, из которой он сделан, равен 1 мм . При решении задачи учесть, что диаметр проволоки в миллиметрах, плавающей при токе силой I , определяется по эмпирической формуле $b = \mu I^{2/3}$, где μ — коэффициент, зависящий от природы металла, из которого сделана проволока, для свинца $\mu = 0,205 \text{ мм/А}^{2/3}$.

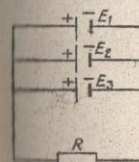


Рис.30

Задача 9. В цепи (рис.30) $E_1 = 1,8 \text{ В}$, $E_2 = 1,7 \text{ В}$, $E_3 = 1,5 \text{ В}$, $r_1 = 0,2 \text{ Ом}$, $r_2 = r_3 = 0,1 \text{ Ом}$. Определить сопротивление и силу тока на всех участках, если известно, что в третьем элементе $I = 0$.

О т в е т: $0,6 \text{ Ом}$; $0,5 \text{ А}$; 2 А ; $2,5 \text{ А}$.

Задача 10. Два электрода — металлические шары диаметром 30 см — подвешены в глубине океана на изолированных кабелях. Расстояние между ними по горизонтали 300 м . Цепь замыкается изолированным кабелем, идущим к кораблю. Проводимость морской воды $0,04 (\text{Ом} \cdot \text{см})^{-1}$. Оценить сопротивление участка цепи между электродами.

О т в е т: $0,265 \text{ Ом}$.

Задача 11. В электростатическом генераторе Ван-де-Графа резиновая лента шириной 30 см движется со скоростью 30 м/с . Около нижнего шкива ленте сообщается заряд, причем поверхностная плотность заряда настолько велика, что создается по обеим сторонам ленты поле напряженностью 12 кВ/см . Найти ток,

- 49 -

создаваемый лентой, и напряженность магнитного поля в точке,стоящей на расстоянии 15 см от ленты и равноудаленной от ее краев.

О т в е т: 127 мкА ; 106 мкВ/м .

Задача 12. По квадратной рамке течет ток силой $I = 3,14 \text{ А}$. Сторона квадрата $a = 0,2 \text{ м}$. Определить напряженность магнитного поля в центре рамки и ее магнитный момент.

О т в е т: 14 А/м ; $125,6 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$.

Задача 13. На железный тор круглого сечения внутренним и внешним диаметрами 10 и 12 см соответственно намотаны 110 витков провода. Вычислить силу тока, необходимую для создания в железе поля в $1,2 \text{ Тл}$, воспользовавшись графиком (см. рис.22). На тор надет виток провода, присоединенный к гальванометру, общее их сопротивление 10 Ом . Найти заряд, который протечет по гальванометру, если ток в тороидальном соленоиде уменьшить до нуля. Явлением остаточного намагничивания пренебречь.

О т в е т: $2,2 \text{ А}$; $3,8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$.

Задача 14. В центр соленоида длиной 50 см помещена квадратная рамка так, что плоскость рамки параллельна силовым линиям магнитного поля внутри соленоида. По рамке течет ток силой $3,14 \text{ А}$; сторона рамки $a = 2 \text{ см}$. Определить максимальный момент сил, действующих на рамку; работу сил магнитного поля при повороте рамки на угол 60° . Число ампер-витков соленоида равно 5000 .

О т в е т: $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}$; $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$.

Задача 15. МГД-насос представляет собой канал прямоугольного сечения высотой $h = 0,1 \text{ м}$, две противоположные стенки которого проводящие. Канал установлен вертикально, нижняя часть его касается поверхности проводящей жидкости (в данном случае ртути), верхняя соединена с непроводящей вертикальной трубкой, в которую засасывается жидкость. К проводящим стенкам прикладывают напряжение $U = 1 \text{ В}$, расстояние между проводящими стенками $a = 0,05 \text{ м}$. Перпендикулярно двум непроводящим стенкам приложено однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Определить, на какую высоту поднимется ртуть, если ее удельное

- 50 -

сопротивление $10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, плотность $13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Сделайте чертеж.

О т в е т: $1,5 \text{ м}$.

Задача 16. Обмотка тороида, имеющего стальной сердечник (см. рис.25) с узким вакуумным зазором, содержит 1000 витков. По обмотке течет ток силой $I = 1 \text{ А}$. Найти длину b вакуумного зазора, если индукция магнитного поля $B = 0,5 \text{ Тл}$. Длина тороида по средней линии 1 м . В зазор параллельно срезу поместили датчик Холла, по которому течет ток. Толщина датчика $b_H = 10^{-4} \text{ м}$. Возникшая поперечная разность потенциалов $U_H = 10^{-6} \text{ В}$. Определить скорость упорядоченного движения носителей тока в датчике.

О т в е т: $2,25 \text{ мм}$; $2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$.

Задача 17. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $0,5 \text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью $5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$. Найти логарифмический декремент затухания, при котором разность потенциалов на обкладках конденсатора уменьшится в 5 раз за время 10^{-1} с . Определить сопротивление контура в этом случае. Решение проиллюстрировать графиком.

О т в е т: $1,5 \cdot 10^{-2}$; $1,5 \text{ Ом}$.

ВАРИАНТ 3

Задача 1. Два равномерно заряженных стержня, несущих заряды с линейной плотностью $\tau_1 = +3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}$ и $\tau_2 = -4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}$ и имеющих длину $l_1 = l_2 = 0,5 \text{ м}$, расположены в пространстве так, как показано на рис.31. Найти напряженность электрического поля в точке A при $a = 0,5 \text{ м}$.

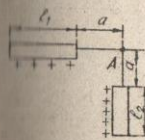


Рис.31

О т в е т: 450 В/м .

Задача 2. В центре поллого металлического шара радиусом $R = 1 \text{ м}$, несущего заряд $q_1 = +9 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, находится маленький шар радиусом $R_2 = 1 \text{ см}$, заряд

- 51 -

которого $q_2 = -3 \cdot 10^{-6}$ Кл. Найти потенциал и напряженность электрического поля в точках, расположенных от центра шаров на расстояниях $r_1 = 0,3$ м и $r_2 = 3$ м. Построить графики $E = E(r)$, $\varphi = \varphi(r)$.

Ответ: -90 В; $3 \cdot 10^3$ В/м; $+180$ В; 60 В/м.

Задача 3. В плоском конденсаторе диэлектриком является стеклянная пластинка ($\epsilon = 7$), полностью заполняющая объем конденсатора. Площадь пластины 300 см², ее толщина 2 мм. На конденсатор подается напряжение 100 В. Определить плотность связанных зарядов и вектор поляризации, а также механическую работу, которую нужно произвести, преодолевая силы электрического взаимодействия, чтобы вынуть пластинку из конденсатора. Задачу решить для случаев: 1) источник напряжения после зарядки конденсатора отключают; 2) источник не отключают.

Ответ: $2,66 \cdot 10^{-6}$ Кл/м²; $27,85 \cdot 10^{-6}$ Дж; $4 \cdot 10^{-6}$ Дж.

Задача 4. Пучок протонов, летящих в вакууме, попадает в плоский конденсатор, длина которого 10 см, перпендикулярно силовым линиям поля. Если напряженность поля в конденсаторе $3 \cdot 10^3$ В/м, то протоны, пролетев конденсатор, смещаются по направлению поля на $1,5$ см. Определить кинетическую энергию протонов, влетающих в конденсатор, и разность потенциалов, которую они должны были пройти в электрическом ускоряющем поле, чтобы приобрести такую энергию.

Ответ: $8 \cdot 10^{-17}$ Дж; 500 В.

Задача 5. Определить температуру, при которой начнется реакция синтеза ядер дейтерия ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$, при радиусе действия ядерных сил $r = 10^{-14}$ м.

Ответ: $1,1 \cdot 10^9$ К.

Задача 6. Шесть одинаковых конденсаторов соединили параллельно и подали на батарею конденсаторов напряжение 1000 В. Емкость каждого конденсатора $C = 200$ мкФ. Затем отключили ис-

* Реакция синтеза начинается при более низких температурах, чем рассчитаны в данной задаче. Встречается некоторое количество ядер, обладающих энергиями, большим средней энергии теплого движения.

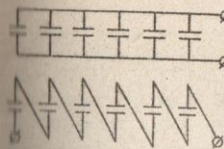


Рис.32

точник напряжения, конденсаторы соединили последовательно (рис.32). Определить разность потенциалов на батарее последовательно соединенных конденсаторов и накопленную батареей энергию. Заметим, что рассмотренная схема включения применяется в импульсных генераторах для получения высокого напряжения (до 10^6 В).

Ответ: 6000 В; $6 \cdot 10^2$ Дж.

Задача 7. Воздух, заключенный между двумя пластинами площадью 300 см², находящимися на расстоянии 2 см друг от друга, ионизируется рентгеновыми лучами. При напряжении 150 В, значительно меньшем, чем напряжение, дающее ток насыщения, между пластинами идет ток силой $I = 4 \cdot 10^{-6}$ А. Определить концентрацию ионов между пластинами, если подвижности ионов $b_+ = 1,4 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с) и $b_- = 2 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с).

Ответ: $3,4 \cdot 10^{13}$ см⁻³.

Задача 8. Изменение силы тока, текущего по сопротив-

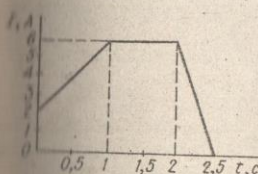


Рис.33

лению $R = 100$ Ом, показано на графике (рис.33). Определить полный заряд, прошедший по сопротивлению, и количество тепла, выделившееся в нем за $2,5$ с. Найти значение эффективного тока.

Ответ: $11,5$ Кл; $5,95$ кДж; $4,88$ А.

Задача 9. Источник тока имеет ЭДС $E = 8$ В, внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом. Его замыкают на внешнее сопротивление R . Найти сопротивления, при которых мощность P , на нем выделяемая, будет равна P_{max} ; $0,75 P_{\text{max}}$; $P_{\text{max}}/3$ и $0,5 P_{\text{max}}$. Полученные данные использовать для построения графика зависимости $P = P(R)$.

Ответ: 1 Ом; 3 Ом; $0,33$ Ом; $3,73$ Ом; $0,27$ Ом; $5,83$ Ом; $0,17$ Ом.

Задача 10. Найти токи, протекающие по каждой ветви цепи (рис.34), если $E_1 = 6,5$ В; $E_2 = 3,9$ В, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10$ Ом. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

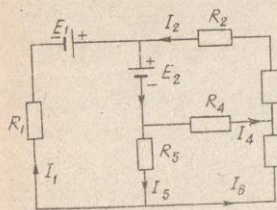


Рис.34

Ответ: $I_1 = 0,19$ А; $I_2 = -0,17$ А; $I_3 = 0,02$ А; $I_4 = -0,05$ А; $I_5 = 0,07$ А; $I_6 = -0,12$ А.

Задача 11. Чтобы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной 4 км, к одному ее концу присоединили батарею с ЭДС, равной 15 В.

Оказалось, что если провода у другого конца линии разомкнуть, то сила тока через батарею $I_1 = 1$ А, а если замкнуть накоротко, то сила тока через батарею $I_2 = 1,8$ А. Найти место повреждения (расстояние от конца, к которому присоединили батарею) и сопротивление R изоляции в месте повреждения. Сопротивление каждого провода линии 5 Ом.

Ответ: 2 км; 10 Ом.

Задача 12. Постоянный магнит имеет вид кольца с узким зазором между полюсами. Средний диаметр кольца $d = 0,1$ м. Ширина зазора $b = 2$ мм, магнитная индукция поля в зазоре $B = 2$ Тл. Пренебрегая рассеянием поля в зазоре, найти модули векторов напряженности магнитного поля H и интенсивности намагничивания J внутри вещества магнита. Показать направление векторов H , J и B/μ_0 на рисунке. Для решения задачи применить теорему о циркуляции вектора H .

Ответ: -10^4 А/м; $1,6 \cdot 10^6$ А/м.

Задача 13. Определить напряженность магнитного поля, созданного участком прямого провода длиной $l = 0,3$ м в точке, удаленной от его концов на расстояния $r_1 = 0,4$ м и $r_2 = 0,5$ м. Ток, текущий по проводу, равен $3,14$ А. Найти напряжен-

ность поля в центре катушки, состоящей из шести витков, сделанной из этого провода, с тем же током.

Ответ: $0,375$ А/м; 1200 А/м.

Задача 14. Короткозамкнутая катушка, состоящая из 1000 витков проволоки, помещена в магнитное поле, линии индукции которой направлены вдоль оси катушки. Площадь витка катушки 40 см², ее сопротивление 160 Ом. Найти мощность тепловых потерь, если индукция магнитного поля равномерно изменяется во времени со скоростью $\Delta B / \Delta t = 10^{-6}$ Тл/с.

Ответ: 10^{-7} Вт.

Задача 15. Поток расплавленного металла течет по керамической трубе, которую помещают в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,01$ Тл. Вектор B перпендикулярен оси трубы. В трубе закрепляют два электрода, образующих плоский конденсатор. Найти скорость потока, если возникающая разность потенциалов между электродами $U = 0,4$ мВ, расстояние между электродами $d = 2$ см и равно диаметру трубы. Сделайте чертёж.

Ответ: 2 м/с.

Задача 16. Определить силу тока в цепи через $t = 0,01$ с после ее размыкания. Сопротивление цепи $R = 20$ Ом, ее индуктивность $L = 0,1$ Гн. Сила тока до размыкания цепи $I_0 = 50$ А. Найти время релаксации цепи.

Ответ: $6,75$ А; $0,005$ с.

Задача 17. Колебательный контур состоит из индуктивности 4 Гн и емкости 1 мкФ. Первоначально на конденсатор подали напряжение 10 В и отключили от источника напряжения. Определить период колебаний в колебательном контуре и максимальный ток в нем. Сопротивлением пренебречь. Записать дифференциальное уравнение электромагнитных колебаний в контуре.

Ответ: $12,56 \cdot 10^{-3}$ с; $5 \cdot 10^{-3}$ А.

ВАРИАНТ 4

Задача 1. В вершинах квадрата со стороной 0,2 м находятся заряды $q_1 = q_2 = +2 \cdot 10^{-8}$ Кл, $q_3 = q_4 = -2 \cdot 10^{-8}$ Кл (рис.35). Определить напряженность поля в центре квадрата и работу, которую нужно совершить, чтобы заряд q_2 переместить в центр квадрата.

О т в е т: $2,52 \cdot 10^4$ Н/Кл;
12,8 мкДж.

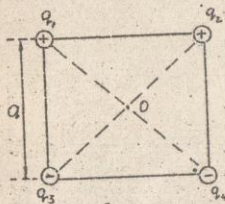


Рис.35

на его оси.

О т в е т: 4,52 В.

Задача 3. Электрон движется по направлению силовых линий однородного электрического поля напряженностью $E = 120$ В/м. Найти расстояние, которое пролетит электрон до полной потери скорости, если его начальная скорость 10^6 м/с, и время, за которое будет пройдено это расстояние. Вычислить разность потенциалов между начальной и конечной точками траектории электрона. Определить индукцию магнитного поля, которое может компенсировать действие данного электрического.

О т в е т: 0,0237 м; $4,7 \cdot 10^{-8}$ с; 2,84 В; 120 мТл.

Задача 4. Два шарика радиусами $r_1 = 1$ см и $r_2 = 2$ см подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Когда шарики зарядили, нити разошлись на угол 60° . Найти заряд, сообщенный шарикам, если известно, что расстояние от точки подвеса до центра каждого шарика равно 10 см. Масса шариков одинакова и равна $4 \cdot 10^{-3}$ кг.

О т в е т: $3,4 \cdot 10^{-7}$ Кл.

- 56 -

Задача 5. Дан плоский конденсатор, имеющий три диэлектрические прокладки толщиной 2 мм из стекла ($\epsilon_1 = 7$), слюды ($\epsilon_2 = 6$) и парафина ($\epsilon_3 = 3$), заполняющие весь объем обкладками. Площадь обкладки конденсатора 200 см². Определить емкость этого конденсатора и падение напряжения на каждом диэлектрике при подаче на конденсатор напряжения в 50 В. Определить энергию поля, накопленную в конденсаторе, и поверхностную плотность зарядов на каждом диэлектрике.

О т в е т: 138 пФ; 11 В; 13 В; 26 В; $1,725 \cdot 10^{-7}$ Дж;
 292 нКл/м²; $287,6$ нКл/м²; 230 нКл/м².

Задача 6. Металлический шар (радиус $R_1 = 2$ см и заряд $q = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл) окружен металлической концентрической сферой радиусом $R_2 = 6$ см, соединенной с землей. Между шаром и сферой имеется сферический слой фарфора ($\epsilon = 6$), примыкающий вплотную к внутреннему шару и имеющий наружный радиус $R_3 = 4$ см. Найти потенциал внутреннего шара и поверхностную плотность связанных зарядов на обеих поверхностях фарфорового слоя. Построить графики зависимостей $D(r)$, $E(r)$ и $\varphi(r)$, где r — текущее расстояние от центра шара. Для решения задачи применить теорему Остроградского — Гаусса для потока вектора электрического смещения $\vec{D}$.

О т в е т: $3,4 \cdot 10^3$ В; $1,2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м²; $-5 \cdot 10^{-6}$ Кл/м².

Задача 7. Для определения температурного коэффициента сопротивления проводника, его включили в ветвь AC моста Уитстона (рис.36). Измерения показали, что при температуре этого проводника 25 °C длина плеч $l_1 = 50$ см и $l_2 = 50$ см, если сила тока в гальванометре равна нулю. При $t = 100$ °C длина плеч $l_1' = 56$ см, $l_2' = 44$ см. Вывести условие равновесия моста и определить температурный коэффициент сопротивления проводника.

О т в е т: $0,004$ К⁻¹.

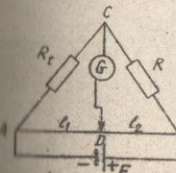


Рис.36

- 57 -

Задача 8. Цепь составлена из трех источников тока с ЭДС $E_1 = 11$ В, $E_2 = 4$ В и $E_3 = 6$ В и трех резисторов с сопротивлениями $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом и $R_3 = 2$ Ом (рис.37). Определить силу тока в резисторах. Внутренним сопротивлением источников тока пренебречь.

О т в е т: 0,8 А; 0,3 А; 0,5 А.

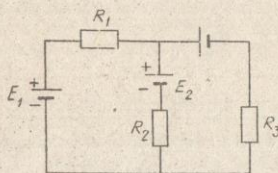


Рис.37

Задача 9. К одному концу двухпроводной линии передачи электроэнергии присоединен источник постоянной ЭДС, а к другому — потребитель с сопротивлением R_0 . В линии произошло повреждение изоляции, в результате чего ток через источник вырос в два раза, а сила тока через нагрузку R_0 упала в 8 раз. Найти сопротивление изоляции в месте повреждения, если длина каждого провода линии равна l , а сопротивление единицы длины провода — ρ .

О т в е т: $3(R_0 + 2l\rho)/225$.

Задача 10. В конце зарядки батареи аккумуляторов при силе тока $I_1 = 3$ А присоединенный к ней вольтметр показывал напряжение $U_1 = 4,25$ В. В начале разрядки батареи при силе тока $I_2 = 4$ А тот же вольтметр показывал напряжение $U_2 = 3,9$ В. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление батареи. Током, проходящим по вольтметру, пренебречь.

О т в е т: 4,1 В; 0,05 Ом.

Задача 11. Предполагая, что число свободных электронов в меди равно числу атомов, определить сумму сил, действующих

- 58 -

на все свободные электроны в медном проводе с площадью сечения 1 мм^2 , если провод находится под напряжением 0,1 В. Определить также среднюю скорость перемещения электронов внутри провода, если длина провода 1 м.

О т в е т: 1380 Н; 0,044 см/с.

Задача 12. Определить напряженность магнитного поля в точке A, расположенной на середине отрезка длиной $l = 0,5$ м (рис.38). Сила токов, текущих по бесконечно длинным проводам, $I_1 = I_2 = 3,14$ А. Показать, что сила взаимодействия этих проводников с токами равна нулю.

О т в е т: 2,8 А/м.

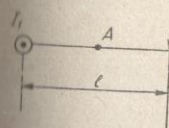


Рис.38

Задача 13. Электрон со скоростью $1,6 \cdot 10^6$ м/с влетает в плоский конденсатор перпендикулярно силовым линиям его электрического поля. Подаваемое напряжение 9,1 В, расстояние между пластинами конденсатора $d = 5$ см, длина пластин $l = 10$ см. При вылете из конденсатора электрон попадает в магнитное однородное поле ($B = 0,1$ Тл), силовые линии которого параллельны силовым линиям электрического поля конденсатора. Определить, с какой скоростью электрон влетает в магнитное поле, и найти шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон, а также радиус ее окружности.

О т в е т: $2,56 \cdot 10^6$ м/с; $9,1 \cdot 10^{-5}$ м; $7,1 \cdot 10^{-4}$ м.

Задача 14. По пластине (рис.39) течет ток силой $I = 0,8$ А. Концентрация свободных электронов $n = 10^{27} \text{ м}^{-3}$, $a = b = 10^{-2}$ м. Вектор $\vec{B}$ параллелен ребру b . Определить скорость упорядоченного движения электронов. Найти поперечную разность потенциалов, которая возникает между крайними пластинами, если включить магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Вычислить на-

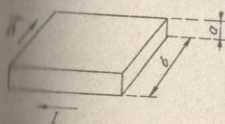


Рис.39

- 59 -

риженность индуцированного электрического поля.

О т в е т: $0,5 \cdot 10^{-4}$ м/с; $0,25 \cdot 10^{-6}$ В; $0,25 \cdot 10^{-4}$ В/м.

Задача 15. На картонный каркас длиной 50 см и площадью сечения 4 см^2 намотан в один слой провод диаметром 0,2 мм так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщину изоляции пренебречь). По всей длине катушки, поверх ее, намотана вторая катушка, состоящая из 2000 витков. Сила тока текущего по первой катушке, изменяется по закону $i = i_0 + kt$, где $i_0 = 0,2 \text{ А}$, $k = 0,5 \text{ А/с}$. Определить напряженность магнитного поля на оси катушек в начальный момент времени, ЭДС самоиндукции в первой катушке и ЭДС индукции во второй. Вычислить магнитную проницаемость железа при токе 0,2 А, если в первую катушку вставлен железный сердечник, воспользовавшись графиком (см. рис.22).

О т в е т: 10^3 А/м ; $3,14 \text{ мВ}$; $1,256 \text{ мВ}$; 1035 .

Задача 16. Проволочный виток, площадь которого 10 см^2 , замкнут на баллистический гальванометр. Сам виток находится в магнитном поле, индукция которого $B = 0,1 \text{ Тл}$. Вектор B перпендикулярен плоскости витка. Определить заряд, который протечет по баллистическому гальванометру при повороте витка на угол 60° , если за время поворота магнитная индукция поля уменьшается в 2 раза, а сопротивление витка и гальванометра $R = 5 \text{ Ом}$.

О т в е т: $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$.

Задача 17. Электрон в атоме водорода движется по круговой орбите радиусом 53 пм. Определить период обращения и силу тока, создаваемого электроном; индукцию магнитного поля в центре его орбиты, орбитальный магнитный момент электрона. Вычислить напряженность электрического поля, которое удерживает электрон на круговой орбите.

О т в е т: $1,5 \cdot 10^{-16} \text{ с}$; $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$; $12,5 \text{ Тл}$; $9,7 \cdot 10^{-21} \text{ А} \cdot \text{м}^2$; $5,7 \cdot 10^{11} \text{ В/м}$.

- 60 -

ВАРИАНТ 5

Задача 1. Две параллельные равномерно заряженные бесконечно длинные нити находятся в воздухе на расстоянии $0,1 \text{ м}$. Линейные плотности зарядов на нитях $\tau_1 = 10^{-9} \text{ Кл/м}$, $\tau_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}$. Определить напряженность поля, создаваемого этими заряженными нитями в точке А, удаленной от первой нити на расстояние $0,09 \text{ м}$, а от второй нити на $0,07 \text{ м}$.

О т в е т: 500 В/м .

Задача 2. Полукольцо радиусом $0,1 \text{ м}$ и равномерно заряжено. Найти напряженность поля в центре полукольца, если линейная плотность заряда $\tau = +2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}$.

О т в е т: 36 В/м .

Задача 3. Плоский конденсатор зарядили при помощи источника с ЭДС $E = 200 \text{ В}$. Затем конденсатор был отключен от источника. Определить напряжение между пластинами, если расстояние между ними увеличить с $0,2$ до $0,7 \text{ мм}$, а пространство между пластинами заполнить слюдой ($\epsilon = 7$). Найти поверхностную плотность связанных зарядов.

О т в е т: 100 В ; $7,6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$.

Задача 4. Определить энергию, накопленную батареей конденсаторов, если подается напряжение 200 В (рис.40). Емкости конденсаторов $C_1 = C_2 = C_3 = 1800 \text{ пФ}$, $C_4 = 600 \text{ пФ}$, $C_5 = C_6 = 1200 \text{ пФ}$. Вычислить, какой заряд пройдет через баллистический гальванометр, если, предварительно отключив батарею конденсаторов от источника, ее замкнуть на гальванометр. Определить время, в течение которого напряжение на батарее уменьшится в e раз (здесь e — основание натурального логарифма). $R_1 = 5 \text{ Ом}$.

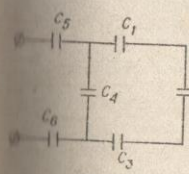


Рис.40

О т в е т: $8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$; $8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$; $2 \cdot 10^{-9} \text{ с}$.

Задача 5. Металлический шар радиусом $R_1 = 10 \text{ см}$ несет на себе заряд $q = 6 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Его соединяют проволокой

- 61 -

с незаряженным металлическим шаром радиусом $R_2 = 5 \text{ см}$. Найти количество теплоты, выделившееся при этом соединении.

О т в е т: $5,4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$.

Задача 6. Пучок ионов хлора ^{35}Cl и ^{37}Cl , несущих каждый по одному элементарному положительному заряду, разгоняется так, что скорости ионов к моменту попадания пучка в пространство между пластинами плоского конденсатора одинаковы и равны 10^7 см/с . Пучок влетает в середину конденсатора параллельно его пластинам. Длина пластин 5 см , расстояние между ними 5 мм . Определить напряжение, которое нужно приложить между пластинами конденсатора, чтобы точки попадания ионов ^{35}Cl и ^{37}Cl отстояли на приемном экране на $0,6 \text{ мм}$ друг от друга, если приемный экран расположен на расстоянии 10 см от заднего края пластин конденсатора. Заметим, что описанное здесь устройство может быть использовано для разделения изотопов.

О т в е т: 31 В .

Задача 7. Источники тока с ЭДС $E_1 = 10 \text{ В}$ и $E_2 = 4 \text{ В}$ включены в цепь (рис.41). Определить силы токов, текущих в сопротивлениях R_2 и R_3 , если $R_1 = R_4 = 2 \text{ Ом}$ и $R_2 = R_3 = 4 \text{ Ом}$. Сопротивлением источников тока пренебречь.

О т в е т: 0 ; 1 А .

Задача 8. К участку (рис.42) цепи подходит ток силой $I = 1 \text{ А}$. Сопротивления $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$; $R_3 = 30 \text{ Ом}$. ЭДС источника $E = 20 \text{ В}$. Внутренним сопротивлением его пренебречь.

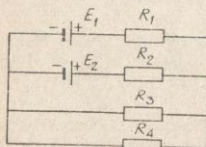


Рис.41

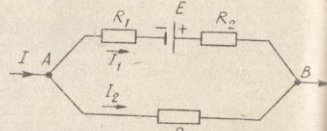


Рис.42

Найти силу токов в разветвлении и разность потенциалов между узлами А и В.

О т в е т: 1 А ; 0 ; 0 .

Задача 9. В сеть, проложенную медным проводом с площадью поперечного сечения 2 мм^2 , поставлен предохранитель из свинцовой проволоки (площадь сечения $0,2 \text{ мм}^2$). При коротком замыкании сила тока достигла 30 А . Определить промежуток времени после короткого замыкания, после которого начнет плавиться свинцовый предохранитель. Вычислить, насколько за это же время нагреется медные провода, если температура проводов до замыкания 20°C .

О т в е т: $0,09 \text{ с}$; $0,1^\circ \text{C}$.

Задача 10. Найти КПД источника тока в схеме (рис.43), если ЭДС источника $E = 4 \text{ В}$. Сила тока короткого замыкания 4 А . Сопротивления: $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = R_4 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$, $R_5 = 4 \text{ Ом}$. Вычислить, во сколько раз мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, меньше максимальной мощности, которая может выделяться во внешней цепи при том же источнике.

О т в е т: 66% ; в $1,125$ раза.

Задача 11. При производстве полиэтиленовой пленки из тонкой проволоки протягивается по роликам со скоростью 2 м/с . В процессе обработки поверхность пленки приобретает равномерно распределенный заряд $\sigma = 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$. Найти напряжен-

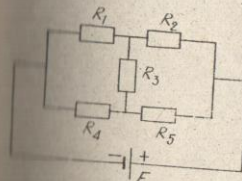


Рис.43

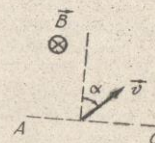


Рис.44

- 62 -

- 63 -

ность электрического и магнитного полей в точке, отстоящей от середины ленты на расстояние $r \ll l$, где l — ширина ленты.
 Ответ: $5,6 \cdot 10^3$ В/м; 10^{-7} А/м.

Задача 12. Электрон влетает в область однородного магнитного поля, индукция которого $B = 10^{-3}$ Тл. Направление скорости перпендикулярно линиям индукции поля (рис. 44). Определить максимальную глубину проникновения электрона в область магнитного поля, если угол падения $\alpha = 30^\circ$, скорость электрона $1,76 \cdot 10^6$ м/с, AC — граница магнитного поля.
 Ответ: $0,5 \cdot 10^{-2}$ м.

Задача 13. Квадратный контур со стороной 0,2 м находится в магнитном поле с индукцией 0,5 Тл. По контуру течет ток 2 А. Плоскость контура параллельна силовым линиям поля. Определить магнитный момент контура и момент сил, действующих на контур, а также работу этих сил при повороте контура на угол 30° . Найти напряженность собственного поля в центре контура.
 Ответ: $8 \cdot 10^{-2}$ А·м; $4 \cdot 10^{-2}$ Н·м; $2 \cdot 10^{-3}$ Дж; 89 А/м.

Задача 14. Рамка площадью 50 см², содержащая 100 витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 4 \cdot 10^{-2}$ Тл. Определить максимальную ЭДС индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки, перпендикулярна вектору B и проходит через центр рамки, а период вращения рамки $6,25 \cdot 10^{-2}$ с. Построить графическую зависимость магнитного потока пронизывающего рамку, и ЭДС индукции от времени.
 Ответ: 2,01 В.

Задача 15. Число ампер-витков соленоида равно 2000, его длина 40 см, диаметр витка 10 см. Сердечник железный. Определить магнитный поток, пронизывающий один виток соленоида, и магнитную проницаемость сердечника в этих условиях.
 Ответ: $1,26 \cdot 10^{-2}$ Вб; 230.

Задача 16. Колебательный контур состоит из конденсатора $C = 10$ мкФ, катушки индуктивности $L = 0,5$ Гн и резистора $R = 60$ Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества $q_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл. Найти период колебаний, коэффициент затухания.

— 64 —

стоянии $3 \cdot 10^{-7}$ см от середины диполя в точке, лежащей на перпендикуляре к диполю, и в точке, лежащей на продолжении диполя. Вычислить наибольшую силу взаимодействия между молекулой воды и ионом водорода, находящимся на расстоянии $3 \cdot 10^{-7}$ см от нее. Найти максимальный момент сил, действующих на молекулу воды, в электрическом поле, напряженность которого $E = 200$ В/см.
 Ответ: $3,8 \cdot 10^{-11}$ м; $4,1 \cdot 10^6$ В/м; $2 \cdot 10^6$ В/м; $6,4 \cdot 10^{-13}$ Н·м; $1,2 \cdot 10^{-25}$ Н·м.

Задача 4. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен диэлектриком, удельная электропроводность χ которого меняется в направлении, перпендикулярном к пластинам, по линейному закону от $\chi_1 = 10^{-12}$ (Ом·м)⁻¹ до $\chi_2 = 10^{-11}$ (Ом·м)⁻¹. Найти ток утечки через конденсатор, если напряжение на конденсаторе $U = 300$ В, площадь обкладок $S = 100$ см², зазор между обкладками $d = 2$ мм.
 Ответ: $5,9 \cdot 10^{-9}$ А.

Задача 5. Конденсатор емкости $C_1 = 600$ пФ зарядили до разности потенциалов $U_1 = 1,5$ кВ и отключили от источника напряжения. Затем к нему параллельно присоединили незаряженный конденсатор емкости $C_2 = 400$ пФ. Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.
 Ответ: 0,27 мДж.

Задача 6. На бесконечно длинном тонкостенном цилиндре диаметром 10 см равномерно распределен заряд, поверхностная плотность которого $0,1$ мкКл/м². Определить ускорение, которое получит электрон, попавший в точку A поля этого цилиндра, отстоящую от его поверхности на расстоянии $b = 5$ см. Вычислить скорость, которую он приобретет, приблизившись к цилиндру.
 Ответ: 10^{15} м/с²; $1,2 \cdot 10^7$ м/с.

Задача 7. Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 3$ Ом замыкает на внешнее сопротивление $R = 6$ Ом (первое включение). Определить, какое сопротивление R и каким образом нужно дополнительно включить в цепь, чтобы

Записать уравнения $U = U(t)$ и $i = i(t)$.
 Ответ: $1,4 \cdot 10^{-2}$ с; 60 с⁻¹.

Задача 17. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см. В сердечнике имеется вакуумный зазор длиной $b = 2$ мм. Определить, во сколько раз уменьшится индукция магнитного поля в зазоре, если, не изменяя силы тока в обмотке, увеличить зазор в 3 раза. Относительная магнитная проницаемость среды $\mu = 800$. При решении применить закон полного тока.
 Ответ: в 2 раза.

ВАРИАНТ 6

Задача 1. Стержень длиной $l = 0,5$ м несет положительный заряд $q = +10^{-8}$ Кл, равномерно распределенный по всей длине. В точку M помещен заряд $q_0 = -2 \cdot 10^{-10}$ Кл (рис. 45). Определить работу, совершаемую при переносе заряда q_0 из точки M в точку N , если $\alpha = b = 0,25$ м.
 Ответ: $1,46 \cdot 10^{-8}$ Дж.

Задача 2. Напряженность электрического поля Земли около ее поверхности в среднем $E = 130$ В/м; концентрация ионов 700 см⁻³. Вычислить, какой заряд имела бы Земля, если бы напряженность около всей ее поверхности одновременно имела бы эту величину. Определить энергию электрического поля Земли и плотность тока у поверхности. Радиус Земли $R = 6400$ км.
 Ответ: $5,9 \cdot 10^5$ Кл; $2,5 \cdot 10^{14}$ Дж; $4,78 \cdot 10^{-6}$ мкА/м².

Задача 3. Молекулу воды можно рассматривать как диполь, электрический момент которого равен $6 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Принимая во внимание, что этот диполь составлен положительным и отрицательным зарядами, равными заряду электрона, найти плечо диполя. Определить напряженность поля, созданного этим диполем, на рас-

— 65 —

на внешнем участке цепи выделялась такая же мощность, как при первом включении. Определить КПД источника при обоих включениях внешней нагрузки.

Ответ: 2 Ом; 67%; 33%.

Задача 8. Угловой стержень соединен последовательно с железным стержнем такой же толщины. Найти соотношения их длин, при котором сопротивление такой комбинации не будет зависеть от температуры, если температурный коэффициент сопротивления угля и железа соответственно $\alpha_1 = -0,8 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹ и $\alpha_2 = 6,2 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹.
 Ответ: 0.

Задача 9. Три гальванических элемента с электродвижущими силами $E_1 = 2,5$ В, $E_2 = 2,2$ В и $E_3 = 3,0$ В с внутренними сопротивлениями по 0,2 Ом каждый включены в цепь (рис. 46). Внешнее сопротивление $R = 4,7$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи, разность потенциалов между узлами, количество теплоты, выделяющееся во всей цепи, и работу каждого элемента за время 1 с.
 Ответ: 0,13 А; 0,68 А; 0,81 А; 2,36 В; 1,7 Дж; 1,78 Дж; 0,39 Дж; 0,31 Дж.

Задача 10. Определить плотность тока и плотность тепловой мощности, если за 0,4 с через медный проводник с площадью сечения $1,2$ мм² прошло $6 \cdot 10^{10}$ электронов. Вычислить силу, которая действует на каждый электрон проводимости со стороны электрического поля.
 Ответ: $2 \cdot 10^{-2}$ А/м²; $6,8$ нВ/м³; $5,44 \cdot 10^{-29}$ Н.

Задача 11. Ток силой 6,28 А течет по проводящему прямоугольнику со сторонами 0,4 и 0,3 м. Найти магнитный момент контура и напряженность в его центре. Определить вращающий максимальный момент, который будет действовать на контур, если его поместить в магнитное поле с индукцией $B = 0,4$ Тл.
 Ответ: 0,75 А·м²; 10,7 А/м; 0,3 Н·м.

— 66 —

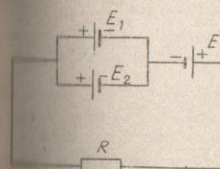


Рис. 46

Задача 12. Определить напряженности магнитного и электрического полей в точке, отстоящей от движущегося со скоростью 10^7 м/с электрона на расстояние 0,1 м. Радиус-вектор, проведенный от точки наблюдения к электрону, составляет с вектором скорости угол $\pi/2$.

Ответ: $1,27 \cdot 10^{-11}$ А/м; $1,44 \cdot 10^{-7}$ В/м.

Задача 13. Диаметр тороида по средней линии равен 30 см. В сечении тороид имеет круг радиусом 5 см. По его обмотке, которая содержит 2000 витков, течет ток силой 0,5 А. Пользуясь законом полного тока, найти минимальное и максимальное значения магнитной индукции в тороиде. Сердечник железный.

Ответ: 1,4 Тл; 1,25 Тл.

Задача 14. Ток в короткозамкнутом сверхпроводящем колеце изменяется вследствие несовершенства контакта. Создаваемое этим током магнитное поле уменьшается на 2 % в час. Определить сопротивление контакта R , если индуктивность соленоида 1 Гн.

Ответ: $5,6 \cdot 10^{-6}$ Ом.

Задача 15. Электрон влетает в однородное магнитное поле. В точке A вектор его скорости v составляет с направлением поля угол α (рис. 47). Определить индукцию магнитного поля, при которой он попадет в точку C , если заряд e и масса m электрона известны, расстояние $AC = d$.

Ответ: $k 2\pi \frac{mv}{ed} \cos \alpha$, где $k = 1, 2, 3, \dots$

Задача 16. Между полюсами электромагнита помещена катушка, соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна линиям индукции. Катушка имеет 15 витков площадью 2 см^2 . Сопротивление катушки 4 Ом, сопротивление гальванометра 46 Ом. Когда ток в обмотке электромагнита выключили, по цепи гальванометра протекло количество электричества, равное $9 \cdot 10^{-5}$ Кл. Определить индукцию поля электромагнита.

Ответ: 1,5 Тл.

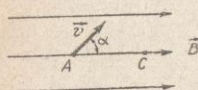


Рис. 47

Задача 17. В цепь переменного тока включены последовательно катушка индуктивности, конденсатор и активное сопротивление. Найти действующее значение напряжения на активном сопротивлении U_R , если известно, что $U_C = 5U_R$; $U_L = 2U_R$. Максимальное значение подаваемого в цепь переменного синусоидального напряжения $U_0 = 200$ В.

Ответ: 44,3 В.

ВАРИАНТ 7

Задача 1. Два бесконечных тонкостенных коаксиальных цилиндра (радиус $R_1 = 5$ см и $R_2 = 10$ см) равномерно заряжены электричеством (поверхностная плотность $\sigma_1 = +10 \text{ нКл/м}^2$ и $\sigma_2 = -10 \text{ нКл/м}^2$). Пространство между цилиндрами заполнено парафином ($\epsilon = 2$). Определить напряженность поля в точках, находящихся на расстояниях $r_1 = 2$ см, $r_2 = 6$ см, $r_3 = 15$ см от оси цилиндров. Построить график зависимости $E = E(r)$.

Ответ: 0; $4,7 \cdot 10^2$ В/м; $1,5 \cdot 10^2$ В/м.

Задача 2. По тонкому кольцу радиусом 0,1 м равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 1 \text{ нКл/м}$. В центре кольца находится заряд $q = 0,4 \text{ мКл}$. Определить силу, действующую на заряд. Взаимодействием зарядов кольца пренебречь.

Ответ: 22,6 мН.

Задача 3. Вдоль силовой линии однородного электрического поля движется протон. В точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 150$ В протон имел скорость $v = 10^5$ м/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость протона равна $2v$. Найти напряженность магнитного поля, которое может компенсировать действие электрического, если расстояние между точками 15,6 см.

Ответ: 289 В; 10^{-2} Тл.

Задача 4. В цилиндрическом вакуумном конденсаторе между концентрических цилиндров $R_1 = 10$ см и $R_2 = 20$ см, опущенных на одинаковое расстояние от оси, нужно подать на конденсатор, чтобы вращающийся в нем электрон стал двигаться по окружности.

- 69 -

центр которой лежит на оси цилиндров. Скорость электрона 10^5 м/с.

Ответ: 3,9 В.

Задача 5. Пластина из эбонита толщиной 2 мм и площадью 300 см^2 поместили в однородное электрическое поле напряженностью 1 кВ/м, расположив так, что силовые линии поля перпендикулярны ее поверхности. Найти напряженность наведенного поля, плотность связанных зарядов на ней и энергию поля, сосредоточенную в пластине ($\epsilon = 3$).

Ответ: 0,67 кВ/м; $5,9 \text{ нКл/м}^2$; 88,5 пДж.

Задача 6. Диполь с электрическим дипольным моментом $p = 20 \text{ пКл} \cdot \text{м}$ находится в неоднородном электрическом поле. Степень неоднородности $dE/dx = 10^6 \text{ В/м}^2$. Вычислить силу, действующую на диполь в этом направлении.

Ответ: 20 мН.

Задача 7. Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом замыкает на внешнее сопротивление $R = 0,8$ Ом. Определить, какое сопротивление R_0 и каким образом нужно дополнительно включить в цепь, чтобы на внешнем участке цепи выделилась такая же мощность. Найти максимальную мощность, которая может выделяться на внешнем участке цепи этого источника, если сила тока короткого замыкания равна 5 А.

Ответ: 4,2 Ом; 12,5 Вт.

Задача 8. Мост для измерения сопротивлений (рис. 48) сбалансирован так, что ток через гальванометр не идет. Сопротивления моста $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 4$ Ом. Сопротивление гальванометра $R_3 = 1$ Ом. Сила тока, текущего по сопротивлению R_1 , 0,2 А. Определить подаваемое на мост напряжение и количество тепла, выделяемое каждую секунду в цепи моста.

Ответ: 2 В; 1,2 Дж/с.

Задача 9. Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением $R = 3$ Ом, при равномерном нарастании напряжения на концах провода от $U_1 = 2$ В до $U_2 = 4$ В в течение $t = 20$ с.

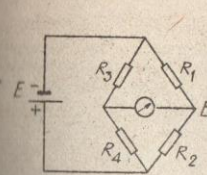


Рис. 48

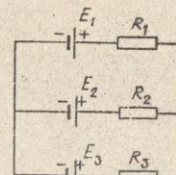


Рис. 49

Найти количество тепла, которое выделится на сопротивлениях за это время.

Ответ: 20 Кл; 62,3 Дж.

Задача 10. Три источника тока с ЭДС $E_1 = 11$ В, $E_2 = 4$ В, $E_3 = 6$ В и три резистора с сопротивлениями $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом и $R_3 = 2$ Ом соединены в цепь (рис. 49). Определить токи, текущие в резисторах. Внутренним сопротивлением пренебречь.

Ответ: 0,8 А; 0,3 А; 0,5 А.

Задача 11. Два параллельных проводника с токами силой $I_1 = 3$ А; $I_2 = 4$ А находятся на расстоянии 0,1 м друг от друга. Токи противоположны. Найти напряженность и магнитную индукцию в точке, находящейся посередине между проводниками. Определить силу, действующую на единицу длины проводников, и работу этой силы, затраченную на увеличение расстояния между проводниками в 2 раза. Перемещение происходит вдоль прямой, соединяющей проводники.

Ответ: 22,3 А/м; $2,8 \cdot 10^{-5}$ Тл; $2,4 \cdot 10^{-6}$ Н/м; $16,6 \cdot 10^{-7}$ Дж/м.

Задача 12. Соленоид с индуктивностью 0,1 Гн и сопротивлением $2 \cdot 10^{-2}$ Ом замкнут на источник, ЭДС $\mathcal{E} = 0,2$ В. Определить время, в течение которого ток в цепи при ее размыкании уменьшится в 2 раза, и количество электричества, которое пройдет по цепи за это время (здесь e — основание натурального логарифма).

Ответ: 5 с; 31,5 Кл.

- 71 -

Задача 13. Замкнутый тороид с железным сердечником имеет 400 витков из тонкого провода, намотанных в один слой. Средний диаметр тороида $d = 25$ см. Определить напряженность и индукцию магнитного поля внутри тороида, магнитную проницаемость железа, и потокоцепление, если $I = 0,5$ А, а площадь поперечного сечения тороида 2 см² (см. рис.22).

О т в е т: 255 А/м; 0,9 Тл; $2,8 \cdot 10^{-3}$; $7,2 \cdot 10^{-2}$ Вб.

Задача 14. Проволочный виток, имеющий площадь 10 см², разрезан в некоторой точке и в разрез включен конденсатор емкостью 10 мкФ. Виток помещен в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется во времени со скоростью $\Delta B / \Delta t = 5 \cdot 10^{-3}$ Тл/с. Определить индуцированный заряд на обкладках конденсатора.

О т в е т: $5 \cdot 10^{-11}$ Кл.

Задача 15. Через сечение проводящей пластинки ток $I = 20$ А. Пластина имеет ширину $a = 0,5$ мм и высотой $b = 1$ мм идет ток силой $I = 20$ А. Пластина помещена в магнитное поле, перпендикулярное ее ребру и направлению тока. Возникшая поперечная разность потенциалов $U = 3,1 \cdot 10^{-6}$ В. Индукция магнитного поля $B = 1$ Тл. Определить концентрацию электронов проводимости в пластине и скорость их упорядоченного движения при этих условиях.

О т в е т: $8,1 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $3,1 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Задача 16. В магнитном поле, индукция которого изменяется по закону $B = B_0 + \alpha t^2$, где $B_0 = 10^{-1}$ Тл, $\alpha = 10^{-2}$ Тл/с², расположена квадратная рамка со стороной 20 см, причем плоскость рамки перпендикулярна B . Определить ЭДС индукции в рамке в момент времени $t = 5$ с.

О т в е т: 4 мВ.

Задача 17. Найти емкость конденсатора, емкостная проводимость которого эквивалентна проводимости реостата с сопротивлением $R = 500$ Ом при частоте тока 50 Гц. Эти конденсатор и реостат включены в цепь переменного тока частотой 50 Гц. Определить общее сопротивление цепи. Вычислить сдвиг по фазе $\Delta \varphi$ между напряжением источника и током цепи.

О т в е т: 6,4 мкФ; 700 Ом; $\pi/4$.

Задача 6. Спутники Земли непрерывно облучаются космическими лучами, состоящими, главным образом, из протонов большой энергии. Средняя кинетическая энергия протонов в космических лучах 10^6 МэВ; интенсивность потока протонов 10^4 частиц/(м²·с). Оценить время, необходимое для того, чтобы космические протоны подняли потенциал спутника настолько, чтобы его заряд перестал расти. Определить такой заряд спутника, считая, что спутник имеет форму шара радиусом 2 м.

О т в е т: 10^5 лет; 0,2 Кл.

Задача 7. При замыкании элемента на резистор $R_1 = 1,8$ Ом сила тока в цепи равна $0,7$ А, при замыкании на резистор $R_2 = 2,3$ Ом сила тока равна $0,56$ А. Найти максимальную мощность, выделяемую на внешнем участке цепи, и силу тока короткого замыкания.

О т в е т: 2,45 Вт; 7 А.

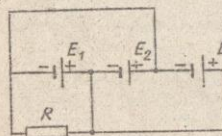


Рис.50

Задача 9. Пространство между пластинами плоского конденсатора площадью 250 см² заполнено водородом. Расстояние между пластинами $1,5$ см. Найти напряжение, при котором сила тока, протекающего через конденсатор, достигнет 2 мкА, если концентрация ионов в газе $n = \text{const} = 5,3 \cdot 10^7$ см⁻³. Заряд каждого иона считать равным заряду электрона.

О т в е т: 110 В.

Задача 10. К источнику тока, внутреннее сопротивление которого $r = 3$ Ом, подключают провод сопротивлением $R = 18$ Ом. Определить КПД источника. Провод разрезали на n одинаковых частей, соединили их параллельно и подключили вновь к тому же источнику тока. Мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, не изменилась. Найти n и КПД источника в этом случае.

Задача 1. Найти потенциал поля, созданного зарядом равномерно заряженного стержня длиной $l = 0,5$ м, в точке, лежащей на его оси и находящейся на расстоянии $0,5$ м от его ближнего конца. Линейная плотность заряда $\tau = -2 \cdot 10^{-4}$ Кл/м.

О т в е т: -1,26 Вэ.

Задача 2. Поверхностная плотность заряда на равномерно заряженной сфере радиусом $0,5$ м $\sigma = +10^{-8}$ Кл/м². Определить напряженность электростатического поля в центре сферы, если на ее поверхности находится отверстие площадью $0,5$ см².

О т в е т: 16 мВ/м.

Задача 3. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 10^6$ м/с влетел в однородное электрическое поле напряженностью 100 В/м. Вектор v_0 перпендикулярен вектору E . Найти время движения электрона через поле $t = 0,1$ мкс, а также полное, тангенциальное и нормальное ускорение его в этот момент времени.

О т в е т: $4 \cdot 10^6$ м/с; $2,64 \cdot 10^{13}$ м/с²; $1,72 \cdot 10^{13}$ м/с²; $1,72 \cdot 10^{13}$ м/с².

Задача 4. Воздушный конденсатор емкостью $C_0 = 0,2$ мкФ имеет разность потенциалов $U_0 = 600$ В. Найти работу, совершаемую полем, при заполнении конденсатора диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Расчет провести для конденсатора, отключенного от батарей, и конденсатора, подключенного к батареям.

О т в е т: $3,6 \cdot 10^{-2}$ Дж; $1,8 \cdot 10^{-2}$ Дж.

Задача 5. В плоском вертикально расположенном воздушном конденсаторе находится маленький заряженный шарик, висающий на нити. При подаче на конденсатор напряжения U нить отклоняется на угол 45° . Определить заряд шарика, расстояние между пластинками конденсатора 10 см, масса шарика $m = 0,1$ г.

О т в е т: $4 \cdot 10^{-6}$ Кл.

Задача 8. В цепь (рис.50) включены три гальванических элемента $E_1 = 1,3$ В, $E_2 = 1,4$ и $E_3 = 1,5$ В. Внутренние сопротивления источников $r_1 = 0,1$ Ом, $r_2 = 0,2$ Ом, $r_3 = 0,3$ Ом. Сопротивление резистора $R = 104/11$ Ом. Определить силу тока в резисторе и в первом элементе.

О т в е т: 7,33 А; 0,6 А.

Задача 11. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен веществом с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$ и удельным сопротивлением $\rho = 10^{11}$ Ом·м. Емкость конденсатора $C = 3000$ пФ. Найти ток утечки через конденсатор при подаче на него напряжения $U = 2000$ В.

О т в е т: 0,97 мкА.

Задача 12. По тонкому проводящему кольцу радиусом 10 см течет ток силой 8 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной от всех точек кольца на расстояние 20 см.

О т в е т: 6,28 мТл.

Задача 13. Протон, обладающий энергией 200 эВ, влетел в однородное магнитное поле, индукция которого $B = 2$ Тл, с $1/3$, где v — скорость протона. Определить радиус окружности, по которой движется протон в поле, и период его обращения, а также магнитный момент, который создает протон при своем движении, и направление вектора магнитного момента.

О т в е т: 10^{-3} м; $3,14 \cdot 10^{-3}$ с; $1,6 \cdot 10^{-17}$ А·м².

Задача 14. Датчик Холла, представляющий собой кусок ленточной ленты длиной l , толщиной $a = 1$ мм и шириной $b = 4$ мм, помещен в узкий зазор тороидального соленоида, по которому течет ток силой $I_1 = 0,5$ А. Магнитная индукция в зазоре равна индукции на оси соленоида. Зазор параллелен сечению соленоида; ширина грани $l \times b$ датчика меньше сечения соленоида и параллельна ему. Определить поперечную разность потенциалов, возникающую в датчике, если перпендикулярно сечению $a \times b$ по датчику протекает ток силой $I_2 = 0,02$ А. Концентрация свободных электронов в материале датчика $n = 10^{26}$ м⁻³. Тороидальный соленоид имеет железный сердечник (см. рис.22), средний диаметр которого $d = 25$ см. На сердечнике намотаны 400 витков провода в один слой. Предварительно определить магнитную индукцию в за-

зоре, применив теорему о циркуляции $\vec{H}$ (закон полного тока)
 Ответ: 0,9 Тл; 0,28 мкВ.

Задача 15. Рамка площадью 1400 см^2 состоит из 100 витков проволоки и имеет сопротивление $4,6 \text{ Ом}$. Рамка расположена в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости магнитного меридиана, и соединена с баллистическим гальванометром, цена деления которого $2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Рамку быстро поворачивают на угол 30° вокруг горизонтальной оси, проходящей через ее центр так, что плоскость рамки становится параллельной направлению магнитного поля Земли, напряженность которого $H = 15,9 \text{ А/м}$. Сопротивление гальванометра $R_g = 9,4 \text{ Ом}$. Определить отклонение гальванометра.

Ответ: 5 делений.

Задача 16. Квадратная проводящая рамка со стороной $a = 0,2 \text{ м}$ находится в одной плоскости с бесконечно длинным прямолинейным проводом. Провод параллелен одной из сторон рамки и находится на расстоянии $r_0 = 0,2 \text{ м}$ от нее. Сила тока в проводнике изменяется по закону $i = \alpha t^3$, где $\alpha = 2 \text{ А/с}^3$. Определить ЭДС индукции в момент времени $t = 10 \text{ с}$.

Ответ: 16,9 мВ.

Задача 17. Сопротивление $R = 10 \text{ Ом}$ и катушка с индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ соединены последовательно. Определить емкость, которую нужно включить последовательно в цепь, чтобы уменьшить сдвиг по фазе между ЭДС и силой тока на $\Delta\varphi = 27^\circ$. Источник переменной ЭДС имеет частоту $f = 50 \text{ Гц}$.

Ответ: $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ мкФ}$.

ВАРИАНТ 9

Задача 1. Голый стержень равномерно заряжен зарядом $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Определить напряженность поля в точке, расположенной на расстоянии 3 м от конца стержня и 10 см от его середины.

Ответ: $6 \cdot 10^3 \text{ В/м}$.

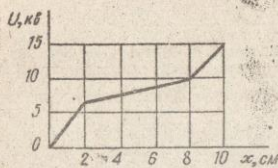


Рис. 51

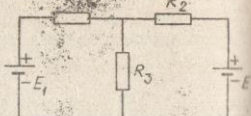


Рис. 52

Задача 7. Параллельно резистору с известным сопротивлением $R_1 = 4 \text{ Ом}$, подключенному к батарее, включили резистор с неизвестным сопротивлением. Оказалось, что мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, не изменилась. Определить сопротивление второго резистора R . Внутреннее сопротивление батареи $r = 1 \text{ Ом}$.

Ответ: $4/15 \text{ Ом}$.

Задача 8. Батарея аккумуляторов, ЭДС которой $E = 12 \text{ В}$, заряжается при напряжении $U = 12,5 \text{ В}$ и при силе тока $I_1 = 3 \text{ А}$. Принимая, что внутреннее сопротивление при зарядке и при разрядке одинаково и что аккумулятор отдает $\eta_0 = 70\%$ прошедшего через него при зарядке электричества, определить КПД аккумулятора при разрядке током силой $I_2 = 3 \text{ А}$ и при разрядке током силой $I_3 = 0,3 \text{ А}$.

Ответ: 64%; 67%.

Задача 9. К концам свинцовой проволоки длиной $l = 5 \text{ см}$ и диаметром $d = 0,2 \text{ мм}$ прилагается напряжение $U = 100 \text{ В}$. Какой промежуток времени пройдет до того момента, когда проволока начнет плавиться? Начальная температура проволоки 0°С . Потерей тепла во внешнее пространство и изменением теплоемкости свинца при нагревании пренебречь. Учесть зависимость удельного сопротивления от температуры, взяв его среднее значение.

Ответ: $5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$.

Задача 2. Два одинаковых шарика массой по $0,1 \text{ г}$ каждый подвешены на нитях длиной 25 см . После того, как шарикам были сообщены одинаковые заряды, они разошлись на расстояние 8 см . Определить заряды шариков и энергию их взаимодействия.

Ответ: $3,2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$; $4,87 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$.

Задача 3. Электрон движется вдоль силовой линии электрического поля, созданного бесконечно длинной прямолинейной нитью с линейной плотностью заряда $\tau = 0,01 \text{ мкКл/м}$. Определить изменение кинетической энергии электрона при его перемещении из точки, находящейся на расстоянии 2 см в точку, находящуюся на расстоянии 4 см от нити.

Ответ: $-2 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$.

Задача 4. Емкость C плоского конденсатора равна $1,5 \text{ пФ}$, расстояние между пластинами $d = 5 \text{ мм}$. Найти емкость конденсатора, если на нижнюю пластину положен лист эбонита толщиной $d_1 = 3 \text{ мм}$ ($\epsilon = 3$). Определить поверхностную плотность связанных зарядов в эбоните, если к конденсатору приложить напряжение $U = 8,5 \text{ В}$.

Ответ: $2,5 \text{ пФ}$; $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^2$.

Задача 5. Внутренняя обкладка сферического воздушного конденсатора радиусом $r = 2 \text{ см}$ окружена сферическим слоем диэлектрика с проницаемостью $\epsilon = 2$. Внешний радиус диэлектрического слоя $R = 4 \text{ см}$. Определить, какой максимальный заряд можно сообщить такому конденсатору, если электрическая прочность воздуха и диэлектрика $E_0 = 30 \text{ кВ/см}$.

Ответ: $2,7 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.

Задача 6. Разность потенциалов между электродами газоразрядной трубки, при которой начинается процесс ионизации атома гелия электронным ударом, $U = 15 \text{ кВ}$. Распределение потенциалов между электродами в этот момент изображено на рис. 51. Определить длину свободного пробега электронов, если потенциал ионизации атома гелия $U_0 = 24,5 \text{ В}$.

Ответ: $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.

Задача 10. Электрическая цепь, состоящая из резистора с сопротивлениями R_1 , R_2 и R_3 , подключена к двум источникам (рис. 52). Найти значение R_3 , при котором ток через резистор R_1 будет равен нулю, если $E_1 = 2 \text{ В}$, $E_2 = 6 \text{ В}$, $R_2 = 60 \text{ Ом}$.

Ответ: 30 Ом .

Задача 11. По трем длинным прямолинейным параллельным проводам, расположенным в одной плоскости на расстоянии 5 см друг от друга, текут токи $I_1 = I_2$ и $I_3 = I_1 + I_2$. Токи сонаправлены. Определить положение точки, в которой напряженность магнитного поля будет равна нулю, силу, действующую на ток I_1 .

Ответ: на расстоянии $1,8$ и $6,7 \text{ см}$ от первого проводника; $3,2 \text{ Н/м}$.

Задача 12. По квадратной рамке со стороной $a = 0,2 \text{ м}$ течет ток $I_1 = 2 \text{ А}$. В плоскости рамки, параллельно одной из сторон, находится прямолинейный бесконечно длинный проводник с током $I_2 = 1 \text{ А}$. Найти силу, действующую на рамку, и магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, а также среднюю ЭДС индукции, которая возникает в рамке, если ток в проводнике за время $t = 10^{-3} \text{ с}$ уменьшится в 3 раза. Расстояние от центра рамки до тока $0,3 \text{ м}$.

Ответ: $2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$; $2,76 \cdot 10^{-8} \text{ Вб}$; $1,84 \cdot 10^{-5} \text{ В}$.

Задача 13. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого 2 мТл , по винтовой линии с радиусом 2 см и шагом винта 5 см . Найти разность потенциалов электрического поля, которой был ускорен электрон до попадания его в магнитное поле.

Ответ: 164 В .

Задача 14. Вычислить магнитную индукцию внутри соленоида длиной 40 см , магнитный поток и потокоцепление, если на его длине намотано 400 витков проволоки, а по виткам течет ток 1 А (см. рис. 22). Площадь сечения соленоида 2 см^2 .

Ответ: $1,25 \text{ Тл}$; $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$; $0,186$.

Задача 15. Немагнитный соленоид диаметром 8 см , состоящий из 80 витков медного провода, находится в однородном магнитном поле напряженностью $4,8 \cdot 10^4 \text{ А/м}$. Соленоид поворачивают на 180° в течение $0,2 \text{ с}$. Найти среднее значение ЭДС ин-

дущая, если ось соленоида до и после поворота направлена вдоль поля, и количество электричества, которое протечет по соленоиду. Площадь сечения провода 1 мм^2 . Соленоид замкнут на себя.

О т в е т: $0,24 \text{ В}$; 141 мкКл .

Задача 16. Показать, что логарифмический декремент затухания колебательного контура равен логарифму отношения количества электричества, прошедшего в течение половины периода в одном направлении, к соответствующему количеству электричества на следующего периода. Как изменится логарифмический декремент затухания, если не меняя длины катушки в контуре, увеличить число витков на ней в n раз? Считать, что диаметр витка остается неизменным.

Задача 17. К источнику тока с внутренним сопротивлением 2 Ом и ЭДС $\mathcal{E} = 4 \text{ В}$ подключают катушку индуктивностью $0,5$ и сопротивлением 3 Ом . Найти время, в течение которого ток в катушке, нарастая, достигнет значения, отличающегося от максимального на 1% .

О т в е т: $0,23 \text{ с}$.

ВАРИАНТ 10

Задача 1. Сфера радиусом $R = 3 \text{ см}$, равномерно заряжена зарядом $q = 7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, окружена тонкой концентрической сферой радиусом $R_2 = 9 \text{ см}$. Найти заряд q_0 , который надо сообщить внешней сфере, чтобы потенциал внутренней сферы относительно бесконечности обратился в нуль. Определить напряженность в точке, удаленной от центра сфер на расстоянии 5 и 10 см в этом случае.

О т в е т: $-21 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$; $2,52 \cdot 10^5 \text{ В/м}$; $126 \cdot 10^3 \text{ В/м}$.

Задача 2. Тонкий стержень длиной 20 см несет равномерно распределенный заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии $a = 10 \text{ см}$ от ближайшего конца находится точечный заряд $q_0 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, который взаимодействует со стержнем с силой $6 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$. Определить линейную плотность заряда на стержне.

О т в е т: $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}$.

- 80 -

Задача 3. Протон с энергией 400 эВ движется вдоль силовой линии, приближаясь к металлической заряженной сфере, радиус которой $0,1 \text{ м}$, а поверхностная плотность заряда $400 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2$. Определить минимальное расстояние, на которое может приблизиться протон к поверхности сферы.

О т в е т: $0,013 \text{ м}$.

Задача 4. Цилиндрический конденсатор имеет два coaxialных слоя диэлектрика. Радиусы обкладок конденсатора $R_1 = 1 \text{ см}$ и $R_2 = 2,5 \text{ см}$. Радиус сферы, разделяющей два диэлектрика в конденсаторе, $R = 2,3 \text{ см}$. Определить разность потенциалов между обкладками, при которой начнется пробой конденсатора, если пробивная напряженность для диэлектрика, прилегающего к внутренней обкладке ($\epsilon_1 = 4$), $E_{1\text{max}} = 120 \text{ кВ/см}$, для второго диэлектрика ($\epsilon_2 = 7$) $E_{2\text{max}} = 100 \text{ кВ/см}$.

О т в е т: 45 кВ .

Задача 5. Пластины воздушного конденсатора имеют площадь $S = 300 \text{ см}^2$ и находятся друг от друга на расстоянии $d_1 = 3 \text{ мм}$. Между ними находится металлическая пластинка такой же площади толщиной $d_2 = 1 \text{ мм}$, изолированная от земли. Конденсатор заряжен до напряжения $U = 600 \text{ В}$ и отсоединен от источника напряжения. Найти работу, необходимую для того, чтобы вытянуть пластинку.

О т в е т: $1,19 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$.

Задача 6. Внутри незаряженного плоского конденсатора, пластины которого расположены горизонтально на расстоянии $d = 1 \text{ см}$ друг от друга, находится пылинка. Вследствие сопротивления воздуха пылинка падает с постоянной скоростью так, что путь от верхней пластины до нижней она проходит за время $t_1 = 10 \text{ с}$. Когда пылинка находится у нижней пластины, на конденсатор подается напряжение $U = 380 \text{ В}$. Через время $t_2 = 5 \text{ с}$ после этого пылинка достигает верхней пластины.

Определить отношение заряда пылинки к ее массе, если сила сопротивления пропорциональна скорости.

О т в е т: $3 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

- 81 -

Задача 7. К концам свинцовой проволоки длиной 1 м приложена разность потенциалов $U = 10 \text{ В}$. Найти промежуток времени от начала пропускания тока до момента, когда свинец начнет плавиться, если начальная температура проволоки $t_0 = 20^\circ \text{C}$, температура плавления свинца $t = 327^\circ \text{C}$, его удельное сопротивление $\rho = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, удельная теплоемкость $C = 0,125 \text{ Дж/(г}\cdot^\circ\text{C)}$, плотность $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$. Потерей тепла в окружающее пространство пренебречь.

О т в е т: $7,5 \text{ с}$.

Задача 8. Через аккумулятор в конце зарядки течет ток силой $I_1 = 4 \text{ А}$, напряжение на его клеммах $U_1 = 12,8 \text{ В}$. При разрядке того же аккумулятора током силой $I_2 = 6 \text{ А}$ напряжение на его клеммах $U_2 = 11,1 \text{ В}$. Найти силу тока короткого замыкания.

О т в е т: $71,3 \text{ А}$.

Задача 9. Два источника тока ($\mathcal{E}_1 = 10 \text{ В}$, $r_1 = 1 \text{ Ом}$, $\mathcal{E}_2 = 8 \text{ В}$, $r_2 = 2 \text{ Ом}$) соединены параллельно. Реостат ($R = 6 \text{ Ом}$) присоединен также параллельно к батарее источников. Вычислить силу тока, текущего через реостат и через источники тока.

О т в е т: $1,6 \text{ А}$; $0,2 \text{ А}$; $1,4 \text{ А}$.

Задача 10. Источник постоянного тока замкнут на переменное внешнее сопротивление. Известно, что одна и та же мощность выделялась при двух значениях внешнего сопротивления: $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 0,8 \text{ Ом}$. Сила тока короткого замыкания этого источника $I_{к.з.} = 2,5 \text{ А}$. Найти максимальную мощность, выделяемую на внешнем участке цепи, и КПД источника. Построить графическую зависимость мощности, выделяемой на внешнем участке цепи от силы тока.

О т в е т: $3,125 \text{ Вт}$; 50% .

Задача 11. По двум длинным параллельным проводам текут в одинаковом направлении токи, причем $I_1 = 10 \text{ А}$ и $I_2 = 15 \text{ А}$. Расстояние между проводами $a = 10 \text{ см}$. Определить напряженность H магнитного поля в точке, удаленной от первого и второго проводника на расстояния $r_1 = 8 \text{ см}$ и $r_2 = 6 \text{ см}$ соот-

ветственно. Найти силу взаимодействия проводников и работу при увеличении расстояния между ними в 4 раза.

О т в е т: $44,5 \text{ А/м}$; $3 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}$; $42 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/м}$.

Задача 12. Квадратная рамка из тонкого провода может свободно вращаться вокруг закрепленной горизонтальной оси, перпендикулярной с одной из сторон; сторона рамки $0,1 \text{ м}$, масса рамки 10 г . Рамку поместили в однородное магнитное поле, направленное вертикально вверх. Определить магнитную индукцию поля, если известно, что рамка отклонилась на угол 30° , когда по ней пропущен ток силой 1 А .

О т в е т: $0,57 \text{ Тл}$.

Задача 13. Протон, движущийся со скоростью $v_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ м/с}$, попадает в однородное электрическое поле напряженностью $E = 800 \text{ В/м}$. $E \perp v_0$. Ширина электрического поля $\Delta x = 1,5 \text{ м}$. При вылете из него протон попадает в однородное магнитное поле. Вектор магнитной индукции B сонаправлен с вектором v_0 , $B = 2 \text{ Тл}$. Определить скорость, с которой протон попадает в магнитное поле, его ускорение в магнитном поле, период обращения и шаг винтовой линии, по которой он движется.

О т в е т: $5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$; $7,66 \cdot 10^{13} \text{ м/с}^2$; $3,26 \cdot 10^{-8} \text{ с}$; $4,78 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Задача 14. Соленоид, состоящий из 1000 витков проволоки, намотанных в один слой на немагнитный каркас длиной $l = 0,4 \text{ м}$ и площадью сечения 5 см^2 , включен в электрическую цепь с ЭДС $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$ и сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = 40 \text{ Ом}$ (рис. 53). Определить напряженность магнитного поля в соленоиде и промежуток времени, за который при размыкании цепи магнитное поле в соленоиде уменьшится в e раз (здесь e — основание натурального логарифма). Найти заряд, протекающий по соленоиду за это время.

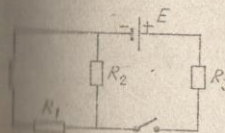


Рис. 53

О т в е т: 100 А/м ; $1,57 \cdot 10^{-5} \text{ с}$; $5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.

- 82 -

- 83 -

Задача 15. По медному круглому проводнику радиусом 5 мм течет ток, плотность которого изменяется линейно от его оси до поверхности от 0 до $15 \cdot 10^4$ А/м². Найти напряженность поля на расстоянии 5 см и 2,5 мм от оси проводника.

Ответ: 25 А/м; 0; 62,5 А/м; 1,275 мВ/м.

Задача 16. Рамка площадью 50 см², содержащая 100 витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 40$ мТл. Определить максимальную ЭДС индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки и составляет с линиями индукции угол 30° , а рамка вращается с частотой 960 мин⁻¹.

Ответ: 1 В.

Задача 17. На железный сердечник длиной 60 см намотано в один слой 1200 витков провода. Какова индуктивность соленоида при силе тока 0,5 А (см. рис.22). Поперечное сечение соленоида 10 см².

Ответ: 3,12 Гн.

ВАРИАНТ I:

Задача 1. Полуокружность радиусом $R = 2$ м равномерно заряжена зарядом $q = +10^{-9}$ Кл. Определить силу, с которой подействовало поле этой полуокружности на точечный заряд $q_0 = -2 \cdot 10^{-6}$ Кл, помещенный в ее центр кривизны. Найти работу, которую нужно совершить, чтобы удалить этот заряд в бесконечность.

Ответ: $2,8 \cdot 10^{-6}$ Н; $9 \cdot 10^{-6}$ Дж.

Задача 2. Три одинаковых заряда по 10^{-9} Кл каждый, расположены в вершинах прямоугольного треугольника с катетами $a = 40$ см и $b = 30$ см. Найти напряженность электрического поля, создаваемого всеми зарядами в точке пересечения гипотенузы с перпендикуляром, опущенным из вершины прямого угла.

Ответ: 246 В/м.

Задача 3. Одной из пластин плоского конденсатора площадью 0,2 м² сообщили заряд $3,14 \cdot 10^{-8}$ Кл. Расстояние между пластинами $d = 2$ мм. Между пластинами параллельно им находится

- 84 -

20 см от конденсатора находится экран. Вектор первоначальной скорости электрона направлен параллельно пластинам. Найти смещение y электрона на экране. Определить y , если вместо электрона взять протон той же энергии. Силой тяжести пренебречь.

Ответ: 0,5 см; смещения электрона и протона одинаковы.

Задача 7. Чтобы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной 4 км, к одному ее концу присоединили батарею ($E = 15$ В). Оказалось, что если провод у другого конца разомкнуть, то сила тока через батарею $I_1 = 1$ А, а если замкнуть, то сила тока через батарею $I_2 = 1,8$ А. Найти место повреждения и сопротивление изоляции в месте повреждения. Сопротивление провода 1,25 Ом/км. Сопротивлением батареи пренебречь.

Ответ: 2 км; 10 Ом.

Задача 8. Определить силу тока, текущего через элемент E_2 , если $E_1 = 1$ В, $E_2 = 2$ В, $E_3 = 3$ В, $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 0,5$ Ом, $r_3 = 1/3$ Ом, $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 1/3$ Ом (рис.55).

Ответ: 0,5 А.

Задача 9. Найти максимальную полезную мощность (мощность, выделяемую на внешнем сопротивлении), которую может выделить аккумулятор с ЭДС $E = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. Определить КПД аккумулятора. Построить график зависимости КПД аккумулятора от внешнего сопротивления при неизменном внутреннем.

Ответ: 25 Вт; 50 %.

Задача 10. Ток проходит через железный стержень, являющийся чувствительным элементом реле. Длина стержня 10 см, диаметр 2 мм. Найти промежуток времени после включения тока силой 50 А до момента, когда сработает реле, если для этого необходимо удлинение стержня на 0,15 мм. Теплоотдачу от стержня другим телам не учитывать.

Ответ: 16 с.

Задача 11. Две генератора длиной 4 м находятся на

- 86 -

отклоняющая пластинка, толщиной $d_1 = 0,5$ мм. Определить напряженность электрического поля в стекле ($\epsilon = 7$) и в воздухе ($\epsilon = 1$), поверхностную плотность связанных зарядов и напряженность на конденсаторе.

Ответ: 0,253 кВ/м; 1,77 кВ/м; $13,4 \cdot 10^{-8}$ Кл/м²; 2,78 В.

Задача 4. Два точечных заряда $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии $r_1 = 40$ см. Найти работу, необходимую, чтобы сблизить их на расстояние $r_2 = 25$ см. Определить расстояние от точки, где $E = 0$, до первого заряда.

Ответ: $1,2 \cdot 10^{-7}$ Дж; 28 см.

Задача 5. Из-за наличия объемного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода при напряжении между катодом и анодом $U_a = 33,75$ В устанавливается распределение потенциалов, показанное на рис.54. Условно можно считать потенциал катода равным нулю. Расстояние между катодом и анодом 13,5 см. Минимальный потенциал -2,25 В. Найти минимальную энергию, которой обладает электрон у катода, чтобы долететь до анода, а также скорость, с которой он достигнет анода, и время его движения в поле диода.

Ответ: $3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; $3,56 \cdot 10^6$ м/с; 10^{-6} с.

Задача 6. Электрон, имеющий кинетическую энергию 10 эВ, влетает в плоский конденсатор, между пластинами которого поддерживается постоянная разность потенциалов, равная 40 В. Расстояние между пластинами 1 см, их длина 10 см. На расстоянии

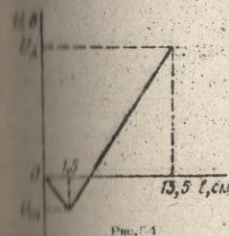


Рис. 64

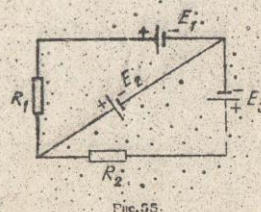


Рис. 55

- 85 -

расстоянии 10 см друг от друга. Найти силу взаимодействия шин при коротком замыкании, если сила тока короткого замыкания 5 кА, и напряженность магнитного поля в точке А, удаленной от обеих шин на расстояние 0,1 м.

Ответ: 200 Н; $0,8 \cdot 10^4$ А/м.

Задача 12. К двум точкам А и В проволоки, имеющей форму окружности, приложена постоянная разность потенциалов 2 В (рис.56). Длина всей проволоки 4 м, $l_1/l_2 = 1/3$, площадь поперечного сечения 1,5 мм², удельное сопротивление $5 \cdot 10^{-7}$ Ом·м. Определить напряженность магнитного поля в центре окружности и количество тепла, выделяемого каждую секунду в проволоке.

Ответ: 0; 16 Дж/с.

Задача 13. Замкнутый тороид с железным сердечником имеет 400 витков из тонкого провода, намотанных в один слой. Средний диаметр тороида 25 см. Определить напряженность и индукцию магнитного поля внутри тороида, магнитную проницаемость железа и интенсивность намагничивания, если сила тока в тороиде 5 А (см. рис.22).

Ответ: $2,55 \cdot 10^8$ А/м; 1,45 Тл; 450; $1,1 \cdot 10^6$ А/м.

Задача 14. Медный провод сечением 5 мм², согнутый, как показано на рис.57, может вращаться вокруг горизонтальной оси. Провод находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Когда по проводу течет ток силой 4,45 А, провод отклонится на угол 30° от вертикали. Определить индукцию поля. Рамка квадратная.

Ответ: 0,114 Тл.

Задача 15. Пучок однозарядных ионов попадает в область пространства, где имеется однородное электрическое поле напряженностью 100 В/м и однородное магнитное поле с индукцией $B_0 = 0,02$ Тл. Эти поля направлены под прямым углом друг к другу и оба перпендикулярны пучку. Ионы проходят эти скрещенные

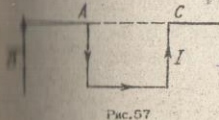


Рис. 57

- 87 -

ионы без отклонения и проникают через щель в область однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,09$ Тл, направленной перпендикулярно вектору скорости ионов, которое заставляет двигаться ионы по окружности. Ионы представляют собой смесь частиц с массами, равными 20 и 22 атомным единицам массы. Найти расстояние между ионами в момент, когда они пройдут половину окружности.

О т в е т: 1,15 м.

Задача 16. Квадратную рамку со стороной 5 см вращают в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл с угловой скоростью $62,8$ с⁻¹. Определить закон изменения магнитного потока через рамку и ЭДС индукции в рамке в зависимости от времени. Число витков рамки 50. Построить графики указанных зависимостей.

Задача 17. Прямой тонкий проводник с током силой I лежит непосредственно в плоскости, отделяющей пространство, которое заполнено непроводящим магнетиком с проницаемостью μ , от вакуума. Найти магнитную индукцию B во всем пространстве как функцию расстояния r от проводника. Применить при решении теорему о циркуляции вектора $\vec{H}$ (закон полного тока).

О т в е т: $\mu_0 I / (1 + \mu) \pi r$.

ВАРИАНТ 12

Задача 1. Четверть окружности радиусом 1 м равномерно заряжена зарядом $q = 10^{-8}$ Кл. Определить напряженность электрического поля в центре кривизны и его потенциал.

О т в е т: 80 В/м; 22,5 В.

Задача 2. Два точечных электрических заряда $q_1 = 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, удаленной от заряда q_1 на расстояние $r_1 = 9$ см и от заряда q_2 на расстояние $r_2 = 7$ см.

О т в е т: $3,58 \cdot 10^3$ В/м; -157 В.

- 66 -

Задача 7. Цилиндрический воздушный конденсатор (радиусы $R_1 = 2$ см и $R_2 = 1$ см) заряжен до разности потенциалов $U = 300$ В. Пространство между обкладками заполнено слабопроводящей средой с удельным сопротивлением $\rho = 3 \cdot 10^{16}$ Ом·м (параллельно). Определить силу тока утечки, если длина конденсатора $l = 0,2$ м. Измерениям ΔU пренебречь. Найти накопленный заряд.

О т в е т: $1,65 \cdot 10^{-14}$ А, 9,5 нКл.

Задача 8. В ускорителе для получения ионного пучка по трубопроводу в единицу времени поступает 10 мкг аргона. Во входной камере ускорителя аргон полностью однократно ионизуют, а затем производят ускорение ионов разностью потенциалов $U = 1000$ В. Определить силу ионного тока в ускорителе и мощность ионного пучка, если заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, атомная масса аргона $A = 40$.

О т в е т: 24 А; 24 кВт.

Задача 9. Три сопротивления ($R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 3$ Ом), а также источник тепла ($E = 1,4$ В) соединены в цепь (рис. 59). Определить ЭДС источника, который надо подключить в цепь между точками А и В, чтобы в проводнике сопротивлением R_3 , шел ток силой $I_3 = 1$ А. Сопротивления источников пренебречь.

О т в е т: 3,6 В.

Задача 10. Два сопротивления по $R = 100$ Ом подключаются к источнику ЭДС сначала последовательно, а затем параллельно. В обоих случаях тепловая мощность, выделяемая на каждом сопротивлении, оказалась одинаковой. Найти ЭДС источника, если сила тока, протекающего в цепи при последовательном соединении сопротивлений, 1 А.

О т в е т: 300 В.

Задача 11. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см, идет ток силой $I = 20$ А. Определить магнитную индукцию в центре шестиугольника и его магнитный момент. Определить максимальный вращающий момент, который подействует на рамку, если ее поместить

- 90 -

Задача 3. Какую скорость нужно сообщить заряду q_2 (см. задачу 2), чтобы расстояние между зарядами увеличилось в 8 раз; заряд q_1 при этом считать неподвижным. Масса тела (шарика), на котором находится заряд q_2 , 0,2 г.

О т в е т: $3 \cdot 10^{-2}$ м/с.

Задача 4. Батарея с ЭДС $E = 3$ В присоединена к схеме (рис. 58). Найти заряд, накопленный на конденсаторе, если $C = 0,05$ мкФ, $R_1 = R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 20$ Ом. Ключ S при этом замкнут. Определить промежуток времени после размыкания ключа, необходимый, чтобы заряд на обкладках конденсатора уменьшился в 8 раз.

О т в е т: 10^{-7} Кл; 1,5 мкс.

Задача 5. Две прямоугольные пластины длиной $l = 0,1$ м и площадью $S' = 100$ см² расположены параллельно друг другу на расстоянии $d = 2$ мм. Пластины заряжены до разности потенциалов 5 В. В пространство между пластинами втягивается диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$. Толщина диэлектрика α , его ширина равна ширине пластин, а длина больше l . Найти энергию конденсатора, если диэлектрик втянулся внутрь конденсатора на расстояние $x = 0,05$ м.

О т в е т: 2,21 нДж.

Задача 6. Электрон влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам со скоростью $9 \cdot 10^6$ м/с. Найти полное, нормальное и тангенциальное ускорение электрона через 10^{-8} с после начала движения в конденсаторе. Разность потенциалов между пластинами 1000 В, расстояние между ними 10 см.

О т в е т: $15,7 \cdot 10^{14}$ м/с²; $8 \cdot 10^{14}$ м/с²; $17,6 \cdot 10^{14}$ м/с².

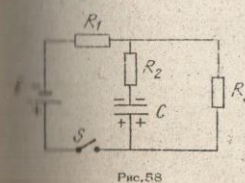


Рис. 58

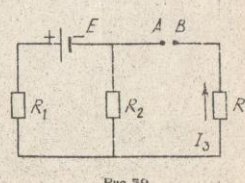


Рис. 59

- 39 -

магнитное поле с индукцией $B = 2$ Тл.

О т в е т: 138 мкГл; $0,52$ А·м²; 1,04 Н·м.

Задача 12. По металлической ленте шириной $AC = 5$ мм течет ток силой $I = 0,2$ А. Лента помещена в магнитное поле, индукция которого $B = 3,2$ Тл перпендикулярна ленте. Определить разность потенциалов между точками А и С ленты, если площадь поперечного сечения ленты 10 мм², концентрация свободных электронов 10^{27} м⁻³.

О т в е т: $2 \cdot 10^{-6}$ В.

Задача 13. Однозарядные ионы иона с массовым числом 20 и 22 и кинетической энергией $3,875 \cdot 10^8$ эВ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и, описав полуокружность, вылетают из поля двумя пучками. Определить расстояние между пучками, если магнитное поле находится в вакууме и его индукция $B = 0,24$ Тл.

О т в е т: 1,6 см.

Задача 14. Приемник автомобиля, движущегося со скоростью 72 км/ч, имеет антенну длиной 1,5 м. Принимая горизонтальную составляющую магнитного поля Земли равной $14,9$ А/м, определить индуцируемую разность потенциалов на концах антенны. Показать, что антенна перескакивает линии напряженности под прямым углом.

О т в е т: $6 \cdot 10^{-4}$ В.

Задача 15. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,1 Тл, вращается катушка, состоящая из 200 витков. Ось вращения катушки перпендикулярна ее оси, направление магнитного поля составляет угол в 60° с осью катушки. Период вращения равен 0,2 с, площадь поперечного сечения катушки 1 см². Найти максимальную ЭДС индукции во вращающейся катушке.

О т в е т: 125 мВ.

Задача 16. Для измерения магнитной проницаемости железа из него был изготовлен тороид длиной $l = 50$ см и площадью поперечного сечения $S' = 4$ см². Одна из обмоток тороида имеет $N_1 = 500$ витков и присоединена к источнику тока, у дру-

- 91 -

гой $N_2 = 1000$ витков, и она присоединена к баллистическому гальванометру. Когда направление тока в первичной обмотке переключается на обратное, во вторичной обмотке индуцируется ток. Найти магнитную проницаемость железа, если известно, что при переключении в первичной обмотке направления тока силой в 1 А через гальванометр прошло количество электричества, равное 0,06 Кл. Сопротивление вторичной обмотки 20 Ом.

О т в е т: 1200.

Задача 17. Индуктивность $L = 2,26 \cdot 10^{-2}$ Гн и активное сопротивление R включены последовательно в цепь переменного тока частотой $f = 50$ Гц. Найти величину R , если известно, что сдвиг по фазе между током и напряжением равен 60° .

О т в е т: 4 Ом.

ВАРИАНТ 13

Задача 1. Два бесконечно длинных тонкостенных коаксиальных цилиндра радиусами $R_1 = 5$ см и $R_2 = 10$ см равномерно заряжены электричеством (поверхностная плотность зарядов $\sigma_1 = 10$ нКл/м² и $\sigma_2 = -3$ нКл/м²). Пространство между цилиндрами заполнено парафином ($\epsilon = 2$). Определить напряженность поля в точках, находящихся на расстояниях $r_1 = 2$ см, $r_2 = 6$ см, $r_3 = 15$ см от осей цилиндров. Найти вектор поляризации во второй точке ($r_2 = 6$ см). Построить график $E = E(r)$.

О т в е т: 0; $+4,7 \cdot 10^2$ В/м; $1,5 \cdot 10^2$ В/м; $41,6 \cdot 10^{-10}$ Кл/м².

Задача 2. Полуокружность радиусом 2 м равномерно заряжена зарядом 10^{-9} Кл. Определить напряженность поля в геометрическом центре полуокружности и потенциал в этой точке.

О т в е т: 1,4 В/м; 4,5 В.

Задача 3. Определить электроёмкость участка единичной длины двухпроводной линии. Учесть, что линейная плотность заряда на проводах соответственно $+1$ и -1 . Радиус проводов $r < d$, где d — расстояние между проводами. Рассчитав напряженность в произвольной точке между проводами, найти разность потенциалов, используя связь между E и $\Delta\phi$. Далее исходить из определения электроёмкости системы двух проводников.

О т в е т: $\pi\epsilon_0/\ln(d/r)$.

Задача 4. Определить, на какое наименьшее расстояние может приблизиться протон, движущийся со скоростью $7 \cdot 10^6$ м/с, к ядру атома алюминия. Найти максимальную силу, действующую на протон. Ядро считать неподвижным, влиянием электронной оболочки пренебречь.

О т в е т: $6,1 \cdot 10^{-12}$ м; 80 мкН.

Задача 5. Пластины плоского конденсатора притягиваются с силой $3 \cdot 10^{-2}$ кг. Пространство между пластинами заполнено элаидом ($\epsilon = 7$). Площадь пластины 10 см². Найти заряды на пластинах; напряженность поля между пластинами; поверхностную плотность связанных зарядов; плотность энергии поля; поток вектора электрического смещения через плоскость, перпендикулярную пластинам и по площади им равную.

О т в е т: 193 нКл; $3,1 \cdot 10^6$ В/м; $16,5 \cdot 10^{-5}$ Кл/м²; 190 Дж/м³; 193 нКл.

Задача 6. Два металлических шарика радиусами $r_1 = 1$ см и $r_2 = 2$ см, находящиеся на расстоянии $d = 2$ м друг от друга, присоединены к батарее аккумуляторов с электродвижущей силой $E = 3$ кВ. Найти силу и энергию взаимодействия шариков.

О т в е т: $11 \cdot 10^{-9}$ Н; $-22 \cdot 10^{-9}$ Дж.

Задача 7. Определить при каком напряжении загорается неоновая лампа, если энергия ионизации атома 21,6 эВ, а средняя длина свободного пробега электронов в газе 1 см. Расстояние между электродами лампы 1 см.

О т в е т: 216 В.

Задача 8. Генератор с ЭДС $E_1 = 12$ В и внутренним сопротивлением $r_1 = 0,2$ Ом заряжает батарею аккумуляторов с ЭДС $E_2 = 10$ В и внутренним сопротивлением $r_2 = 0,6$ Ом. Параллельно батарее включена лампочка с сопротивлением $R = 3$ Ом.

- 93 -

Определять силу тока в батарее и лампочке.

О т в е т: 3,65 А; 1,58 А.

Задача 9. Электрический двигатель, обмотка которого имеет сопротивление 2,2 Ом, работает от источника энергии с напряжением 120 В при силе тока 7,5 А. Определить потерю мощности в обмотке двигателя и его КПД.

О т в е т: 124 Вт; 86 %.

Задача 10. Аккумулятор с ЭДС $E = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом замкнут на внешнее сопротивление R и выделяет на нем мощность $P = 9$ Вт. Определить разность потенциалов на клеммах аккумулятора. Объяснить неоднозначность ответа. Найти максимальную мощность, которая может выделяться на внешнем участке цепи этого источника.

О т в е т: 9 В; 1 В; 25 Вт.

Задача 11. По проводу AB течет ток силой 3,14 А (рис. 60). Определить напряженность магнитного поля в точке O , которая является центром полуокружности BC радиусом 0,1 м, если длина участка AB 0,1 м.

О т в е т: 10,35 А/м.

Задача 12. Пластина полупроводника толщиной $a = 0,2$ мм помещена в магнитное поле, направленное поперек пластинки. Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 10^{-5}$ Ом·м, индукция магнитного поля $B = 1$ Тл; перпендикулярно полю вдоль пластинки пропускается ток силой $I = 0,1$ А. Возникшая поперечная разность потенциалов $U = 3,25 \cdot 10^{-3}$ В. Определить подвиж-

ность носителей тока в полупроводнике (подвижность носителей — скорость при единичной напряженности поля).

О т в е т: $0,65$ м²/(В·с).

Задача 13. По горизонтально расположенным пластинам мая по рельсам под действием груза скользит пластина AB со скоростью 2 м/с. Длина пластины $l = 30$ см, ее сопротивление $R_1 = 0,02$ Ом. К концам направляющих пластин подключен реостат $R_2 = 0,13$ Ом. Установка помещена в магнитное поле с индукцией $B = 2$ Тл, которое направлено сверху вниз (рис. 61). Определить индуцируемую ЭДС и силу тока в пластине, а также массу груза m . Показать, что механическая мощность груза, мощность, потребляемая в контуре, и мощность генератора (ЭДС индукции) равны.

О т в е т: 1,2 В; 8 А; 0,5 кг.

Задача 14. Между полюсами магнита на двух тонких невесомых нитях подвешен горизонтально линейный проводник весом $P = 0,1$ Н и длиной $l = 0,2$ м. Напряженность однородного магнитного поля $H = 2 \cdot 10^5$ А/м направлена вертикально. Найти угол от вертикали, на который отклонятся нити, поддерживающие проводник, если по нему пропустить ток силой $I = 2$ А. Определить силу натяжения нити и момент силы, действующий на проводник со стороны магнитного поля, относительно точки подвеса.

О т в е т: 45° ; 0,07 Н; $1,4 \cdot 10^{-2}$ Н·м.

Задача 15. Альфа-частица (ядро атома гелия), движущаяся со скоростью $v_0 = 3 \cdot 10^6$ м/с, влетает в электрическое однородное поле перпендикулярно его силовым линиям. Ширина поля $l = 17$ см, напряженность $E = 1,5 \cdot 10^6$ В/м. При выходе из электрического поля частица попала в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого B перпендикулярен вектору E и $\vec{v}$. Определить скорость частицы при вылете из электрического поля, период и радиус вращения ее в магнитном поле, а также магнитный собственный момент, который возникает при таком вращении. Указать, как он направлен. Магнитная индукция поля $B = 1,7$ Тл.

О т в е т: $5 \cdot 10^6$ м/с; $7,85 \cdot 10^{-8}$ с; $6,24 \cdot 10^{-2}$ м; $6 \cdot 10^{-14}$ А·м².

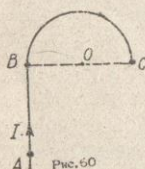


Рис. 60

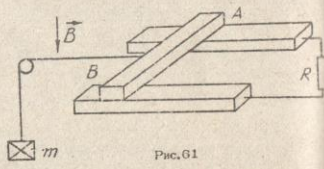


Рис. 61

Задача 16. Круговой контур радиусом $r = 2$ см помещен в однородное магнитное поле, индукция которого $B = 2$ Тл. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля, сопротивление контура $R = 10$ Ом. Найти количество электричества, которое протекает через контур при повороте его на 90° .

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-4}$ Кл.

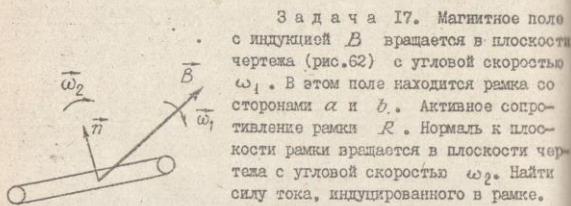


Рис. 62

Задача 17. Магнитное поле с индукцией B вращается в плоскости чертежа (рис. 62) с угловой скоростью ω_1 . В этом поле находится рамка со сторонами a и b . Активное сопротивление рамки R . Нормаль к плоскости рамки вращается в плоскости чертежа с угловой скоростью ω_2 . Найти силу тока, индуцированного в рамке.

Ответ:

$$[Bab(\omega_1 - \omega_2) \sin(\omega_1 - \omega_2) \ell] R^{-1}.$$

ВАРИАНТ 14

Задача 1. Два шарика массой по 10 г, заряженные зарядом $q = 5 \cdot 10^{-7}$ Кл каждый, соединены изолирующими нитями длиной $\ell = 10$ см и 2ℓ (рис. 63). Систему удерживают за середину длинной нити, а затем точку подвеса O начинают поднимать вверх с ускорением a , равным по модулю ускорению свободного падения. Определить натяжение короткой нити, соединяющей шарики, во время их подъема, а также энергию взаимодействия шариков и напряженность в точке O .

Ответ: 0,1 Н; $2,25 \cdot 10^{-2}$ Дж; $0,78$ МВ/м.

Задача 2. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком, и на его пластины подана некоторая разность потенциалов. Его энергия $2 \cdot 10^{-5}$ Дж. После того, как конденсатор отключили от источника напряжения, диэлектрик из конденсатора вынули. Работа

которую при этом совершили против сил электрического поля, равна $7 \cdot 10^{-5}$ Дж. Найти диэлектрическую проницаемость диэлектрика.

Ответ: 4,5.

Задача 3. Кольцо радиусом $R = 5$ см из тонкой проволоки равномерно заряжено зарядом $q = +1,4 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить потенциал точки, лежащей на перпендикуляре к плоскости кольца на расстоянии $h = R$ от его центра, и напряженность как градиент потенциала.

Ответ: 180 В; $1,8 \cdot 10^3$ В/м.

Задача 4. Найти силу тока, создаваемого пучком протонов, ускоренных напряжением 10 кВ (плотность заряда в пучке $1,15 \cdot 10^{-6}$ Кл/м³ его радиус 1 мм) напряженности полей на расстоянии 5 см от пучка.

Ответ: $5 \cdot 10^{-6}$ А; $1,6 \cdot 10^{-5}$ А/м; 1,3 В/м.

Задача 5. Два металлических шара радиусами $r_1 = 0,01$ м и $r_2 = 0,05$ м находятся друг от друга на расстоянии много большем, чем их радиусы. Шары несут заряды $q_1 = 8 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл. Их поместили в жидкий диэлектрик и измерили силу взаимодействия. Затем шары извлекли из диэлектрика, соединили проводником на короткое время и вновь измерили силу взаимодействия. Она осталась неизменной. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

Ответ: 1,6.

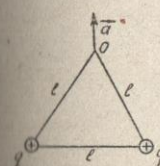


Рис. 63

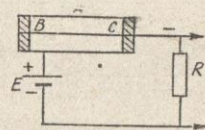


Рис. 64

Задача 6. В счетчике Гейгера элементарных частиц (рис. 64) между корпусом металлической трубки A и тонкой проволокой BC создается высокое напряжение, лишь немного меньше критического, необходимого для зажигания разряда. При попадании в счетчик быстрой заряженной частицы происходит ионизация молекул газа и начинается разряд, который сопровождается падением напряжения на большом сопротивлении R . Для того, чтобы счетчик считал попадающие в него частицы, необходимо быстрое гашение вызванного частицей разряда. Объяснить, как это происходит. Определить промежуток времени, в течение которого ток уменьшается в e раз (здесь e — основание натурального логарифма), если $R = 10^9$ Ом, электроемкость счетчика $C = 10^{-11}$ Ф. Вычислить число импульсов в единицу времени, которое может считать такой счетчик, не "заклиниваясь".

Ответ: 10^{-2} с, 100 с⁻¹.

Задача 7. Определить напряжения на клеммах аккумулятора, электродвижущая сила которого 12 В, а внутреннее сопротивление $r = 2$ Ом, при зарядке и разрядке током силой 1 А.

Ответ: 14 В; 10 В.

Задача 8. В цепи (см. рис. 49) $E_1 = 2$ В, $E_2 = 4$ В, $E_3 = 6$ В, $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом и $R_3 = 8$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи.

Ответ: 0,385 А; 0,077 А; 0,308 А.

Задача 9. Трамвай массой 22,5 т идет сначала по горизонтальному пути, а затем в гору (уклон 0,03). В первом случае сила тока в двигателе $I_1 = 60$ А, во втором случае $I_2 = 118$ А. Найти скорости v_1 и v_2 трамвая, если коэффициент сопротивления движению $\mu = 0,01$. Напряжение в линии 500 В, КПД двигателя и передачи 0,75.

Ответ: 10 м/с; 5 м/с.

Задача 10. При замыкании аккумулятора на сопротивление $R_1 = 5$ Ом в цепи идет ток силой $I_1 = 5$ А. Параллельное подключение к сопротивлению R_1 сопротивления $R_2 = 10/3$ Ом увеличивает силу тока до $I_2 = 8$ А. Найти ЭДС аккумулятора и его внутреннее сопротивление. Определить, каким сопротивлением

нужно заменить сопротивление R_2 при его параллельном соединении с R_1 , чтобы во внешней цепи выделилась такая же мощность.

Ответ: 40 В; 3 Ом; 45 Ом.

Задача 11. Кольцами Гельмгольца называют два коаксиальных кольцевых проводника одинаковых радиусов r_0 , расположенных в параллельных плоскостях, расстояние d между которыми равно радиусу колец. Пусть токи, текущие по кольцам, сонаправлены и одинаковы по модулю. Найти напряженность магнитного поля в произвольной точке, взятой на отрезке O_1O_2 (рис. 65). Доказать, что вблизи точки с координатой $x = 0,5d$ поле однородно. Заметим, что поле вдоль оси x однородно, если $\partial B / \partial x = 0$. Найти численное значение напряженности, исходя из следующих данных: $I = 1,4$ А, $r_0 = 0,1$ м.

Ответ: 10 А/м.

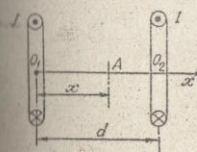


Рис. 65

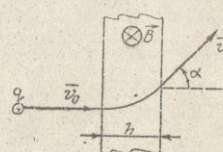


Рис. 66

Задача 12. Через медную пластинку сечением $S = db$ пропускается ток ($I = 10$ А), направленный перпендикулярно к плоскости сечения. Пластинка помещена в магнитное поле, перпендикулярное ребру b и направлению тока. Индукция магнитного поля $B = 0,6$ Тл, толщина пластинки $d = 0,1$ мм. Определить возникающую поперечную разность потенциалов, считая, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости.

Ответ: $4,6 \cdot 10^{-6}$ В.

Задача 13. Альфа-частица влетает по нормали в область поперечного однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,1$ Тл (рис. 66). Размер области $h = 0,1$ м. Найти скорость

частицы, если после прохождения магнитного поля она отклонилась на угол 30° от первоначального направления. Отношение заряда и массы частицы $q/m = 0,5 \cdot 10^8$ Кл/кг. Определить разность потенциалов электрического поля, которое способно полностью затормозить частицу после вылета ее из магнитного поля, и его направленность.

Ответ: 10^5 В; 10^4 В.

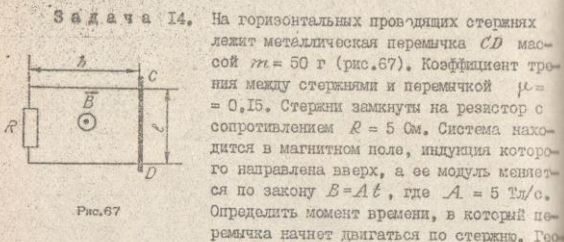


Рис. 67

Задача 14. На горизонтальных проводящих стержнях лежит металлическая перемычка CD массой $m = 50$ г (рис. 67). Коэффициент трения между стержнями и перемычкой $\mu = 0,15$. Стержни замкнуты на резистор с сопротивлением $R = 5$ Ом. Система находится в магнитном поле, индукция которого направлена вверх, а ее модуль меняется по закону $B = At$, где $A = 5$ Тл/с. Определить момент времени, в который перемычка начнет двигаться по стержням. Геометрические размеры системы: $l = 1$ м, $h = 0,3$ м. Сопротивлением перемычки и подводящих стержней пренебречь.

Ответ: $5 \cdot 10^{-2}$ с.

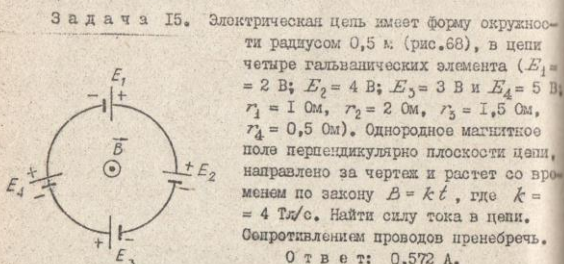


Рис. 68

Задача 15. Электрическая цепь имеет форму окружности радиусом $0,5$ м (рис. 68), в цепи четыре гальванических элемента ($E_1 = 2$ В; $E_2 = 4$ В; $E_3 = 3$ В и $E_4 = 5$ В; $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 2$ Ом, $r_3 = 1,5$ Ом, $r_4 = 0,5$ Ом). Однородное магнитное поле перпендикулярно плоскости цепи, направлено за чертёж и растёт со временем по закону $B = kt$, где $k = 4$ Тл/с. Найти силу тока в цепи. Сопротивлением проводов пренебречь.

Ответ: $0,572$ А.

Задача 16. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл

- 100 -

расположен проводящий плоский виток (его площадь $S = 10^2$ см², сопротивление $R = 2$ Ом) таким образом, что его плоскость перпендикулярна силовым линиям. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекающий через гальванометр при повороте витка, $q = 7,5 \cdot 10^{-3}$ Кл. Найти угол, на который повернули виток.

Ответ: 120° .

Задача 17. В цепь 50-периодного тока включены резистор с сопротивлением $R = 1$ кОм и катушка индуктивности, состоящая из железного цилиндрического сердечника с обмоткой из $N = 400$ витков медной проволоки. Длина катушки $l = 40$ см, ее диаметр $d = 4$ см. В цепи наблюдается сдвиг фаз $\varphi = 30^\circ$ между ЭДС и силой тока. Определить среднюю магнитную проницаемость μ сердечника. Изобразить процесс с помощью векторной диаграммы.

Ответ: 2900 .

ВАРИАНТ 15

Задача 1. Бесконечно длинный цилиндр кругового сечения заряжен равномерно зарядом с поверхностной плотностью σ . На оси цилиндра расположена бесконечно длинная нить, равномерно заряженная зарядом с линейной плотностью τ . Пусть радиус нити $r = 1$ мм, радиус цилиндра $R = 1$ см, $\sigma = -10^{-9}$ Кл/м. Найти поверхностную плотность заряда σ , при которой напряженность поля вне цилиндра равна нулю. Найти энергию, приобретенную электроном при его движении от нити к цилиндру.

Ответ: 16 нКл/м²; $41,4$ эВ.

Задача 2. Три одинаковых маленьких шарика массой $m = 0,02$ г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной $l = 30$ см. Определить, какие заряды следует сообщить шарикам, чтобы каждая нить составляла с вертикалью угол 30° , а также потенциал электрического поля, созданного зарядами шариков в точке подвеса нитей.

Ответ: $2,2 \cdot 10^{-8}$ Кл; $1,98$ кВ.

Задача 3. В плоский конденсатор вставлена металлическая пластина толщиной $d = 2$ мм с двумя диэлектрическими

- 101 -

пластинками по бокам толщиной по $d_2 = 3$ мм, с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Форма и размеры вставки соответствуют форме и размерам пластин конденсатора. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 10$ мм, оно несколько больше суммарной толщины вставки. Конденсатор со вставкой подключают к источнику постоянного напряжения с разностью потенциалов $U_0 = 10$ В. После того как конденсатор зарядился, источник отключают. Найти разность потенциалов между пластинами конденсатора, если после отключения источника вставку вынуть.

Ответ: 20 В.

Задача 4. Медный шар диаметром 10 см опускают в полусферическую мензурку диаметром 20 см, наполненную водой, так что шар и чаша концентричны. Удельная проводимость воды 10^{-3} (Ом·м)⁻¹. Определить электрическое сопротивление между шаром и чашей.

Ответ: 1590 Ом.

Задача 5. Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов 300 В, влетает в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно его пластинам. Найти разность потенциалов, приложенную к пластинам конденсатора, если пучок смещается на экране на расстояние $h = 3,6$ см. Длина пластин конденсатора $l = 4$ см, расстояние от конца конденсатора до экрана $l_1 = 10$ см, расстояние между пластинами конденсатора $d = 1,2$ см.

Ответ: 54 В.

Задача 6. Определить заряд конденсатора емкостью $C = 3$ мкФ в цепи (рис. 69). $E = 2$ В. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 4 мкКл.

Задача 7. Для определения места повреждения двухжильного кабеля используют схему, показанную на рис. 70. Определить расстояние x до места, где слит провод кабеля вследствие повреждения изоляции получил соединение с землей. Через гальванометр A на точет ток, если сопротивления плеч резистора $R_{DB} = 150$ Ом и $R_{DC} = 50$ Ом. Длина кабеля $l = 10$ км. Сопротивлени-

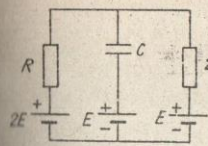


Рис. 69

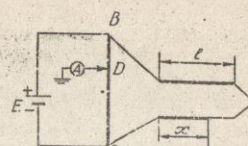


Рис. 70

ем соединительных проводов пренебречь, учитывая лишь сопротивление кабеля и резистора.

Ответ: 5 км.

Задача 8. Три источника тока ($E_1 = 1,3$ В, $E_2 = 1,5$ В, $E_3 = 2$ В, $r_1 = r_2 = r_3 = 0,2$ Ом) включены в цепь (см. рис. 46). $R = 0,55$ Ом. Определить токи, текущие в различных ветвях цепи.

Ответ: $1,5$ А; $2,5$ А; 4 А.

Задача 9. К концам свинцовой проволоки длиной 5 см и диаметром $0,2$ мм приложено напряжение $U = 100$ В. Определить, через какой промежуток времени проволока начнет плавиться, если температура проволоки $t_0 = 0^\circ$ С, температура плавления свинца $t = 327^\circ$ С. Учесть изменение сопротивления при изменении температуры, а для расчета среднее значение.

Ответ: $5 \cdot 10^{-5}$ с.

Задача 10. Элемент с ЭДС $\mathcal{E} = 4$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом замкнут на переменное внешнее сопротивление R . Построить графики зависимости от внешнего сопротивления силы тока в цепи, мощности, выделяемой на внешней цепи, и мощности, выделяемой во всей цепи.

Задача 11. Длинный провод согнут в форме шпильки. Найти напряженность магнитного поля в точке O , если $I = 2$ А, $r_1 = 0,05$ м (рис. 71).

Ответ: $16,37$ А/м.

Задача 12. Число ампер-витков соленоида 2000 , дли-

- 103 -

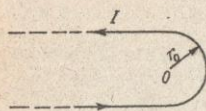


Рис. 71

на соленоида 80 см, диаметр витка соленоида $d = 10$ см. Определить магнитный поток, пронизывающий один виток соленоида, если сердечник железный, и относительную магнитную проницаемость железа при этих условиях (см. рис. 22).

О т в е т: $1,2 \cdot 10^{-2}$ Вб; 460.

Задача 13. Магнитное поле напряженностью $H = 8 \cdot 10^3$ А/м и электрическое поле напряженностью $E = 10$ кВ/м образуют угол 30° . Протон влетает в пространство, где находятся эти поля, со скоростью 10^5 м/с. Вектор скорости протона перпендикулярен плоскости, в которой лежат векторы E и H . Определить силу, действующую на протон.

О т в е т: $3,1 \cdot 10^{-6}$ Н или $1,6 \cdot 10^{-16}$ Н.

Задача 14. Проводящая металлическая лента толщиной $\alpha = 0,1$ мм и шириной $b = 5$ см помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, направленной перпендикулярно поверхности ленты. По ленте течет ток силой $I = 1,6$ А. Концентрация носителей тока 10^{25} м $^{-3}$. Найти холловскую (поперечную) разность потенциалов и напряженность поперечного поля.

О т в е т: 10^{-2} В; $0,2$ В/м.

Задача 15. Горизонтальный металлический стержень вращается около вертикальной оси, проходящей на расстоянии $1/3$ его длины l от одного из концов, с частотой $\nu = 6$ с $^{-1}$. Определить разность потенциалов между концами стержня, если он вращается в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 10^{-2}$ Тл, $l = 1,2$ м.

О т в е т: $9,1$ мВ.

Задача 16. Между полюсами электромагнита, питаемого переменным током частотой $\nu = 1$ кГц, образуется синусоидально изменяющееся со временем магнитное поле с амплитудой $B_0 = 0,5$ Тл. Считая магнитное поле однородным в пространстве, определить амплитудное значение ЭДС индукции в проводящем квадратном контуре со стороной $1,5$ см, помещенном в это поле. Плоскость контура перпендикулярна силовым линиям поля.

О т в е т: $0,71$ В.

- 104 -

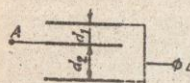


Рис. 72

$d_1 = 1$ мм и $d_2 = 10$ мм. Площадь пластин $S = 500$ см ^{2} . Определить заряд на средней пластине, если разность потенциалов между точками А и В $U = 100$ В. Пространство между пластинами заполнено диэлектриком ($\epsilon = 2$).

О т в е т: $9,7 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Задача 5. Рассматривая молекулу воды как диполь с зарядом полюсов, равным заряду электрона, определить напряженность поля, создаваемую этим диполем в точке, находящейся от середины диполя на расстоянии $8 \cdot 10^{-7}$ см и лежащей на оси диполя; силу взаимодействия двух молекул воды, расположенных так, что их оси направлены по одной прямой, расстояние между молекулами (центрами диполей) $5,3 \cdot 10^{-8}$ см, а электрический момент $6 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

О т в е т: $1,35 \cdot 10^{-3}$ В/м; $1,84 \cdot 10^{-11}$ Н.

Задача 6. Альфа-частица влетела в однородное электрическое поле под углом 60° к его силовым линиям со скоростью $v_0 = 3,76 \cdot 10^6$ м/с. Напряженность поля $E = 400$ В/м. Определить скорость, нормальное и тангенциальное ускорения и радиус кривизны частицы через время $t = 10^{-4}$ с от начала ее движения. Удельный заряд альфа-частицы $q/m = 4,7 \cdot 10^7$ Кл/кг.

О т в е т: $5 \cdot 10^6$ м/с; $12,2 \cdot 10^9$ м/с ^{2} ; $14,1 \cdot 10^9$ м/с ^{2} ; $2 \cdot 10^3$ м.

Задача 7. Из-за наличия объемного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода (напряжение на аноде $U_a = 0$) устанавливается распределение потенциала, показанное на рис. 73. Электрон, двигаясь от катода к аноду вдоль оси, достигает поверхности анода с кинетической энергией 4 эВ. Определить время пролета такого электрона от катода к аноду.

О т в е т: $1,2 \cdot 10^{-12}$ с.

Задача 8. Источниками электрического тока в системах электрического оборудования автомобилей являются генератор постоянного тока и параллельно соединенный с ним аккумулятор. ЭДС генератора $E_1 = 14$ В, его внутреннее сопротивление $r_1 =$

- 106 -

Задача 17. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 7 мкФ и катушки индуктивностью $0,23$ Гн. Конденсатор при зарядке получил количество электричества, равное $5,6 \cdot 10^{-4}$ Кл. Найти период колебаний в контуре, логарифмический декремент затухания колебаний. Написать уравнение зависимости изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора от времени, если $R = 40$ Ом.

О т в е т: $8 \cdot 10^{-3}$ с; $0,7$.

ВАРИАНТ 16

Задача 1. Посередине между двумя точечными положительными зарядами $q_1 = q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл поместили отрицательный заряд q_3 . Найти величину заряда q_3 , если вся система находится в равновесии. Определить работу, необходимую для того, чтобы заряд q_3 переместить из положения равновесия в точку, удаленную от каждого заряда на расстояние $\alpha = 0,5$ м. Расстояние между зарядами q_1 и q_2 также равно α .

О т в е т: $-5 \cdot 10^{-11}$ Кл; $3,6 \cdot 10^{-10}$ Дж.

Задача 2. Поле создано однородным равномерно заряженным стержнем длиной $l = 1$ м. Определить потенциал в точке А, лежащей на оси стержня вне его и удаленной от ближайшего конца стержня на расстояние $\alpha = l$, если линейная плотность заряда стержня $\tau = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл/м.

О т в е т: $12,6$ В.

Задача 3. В однородном электрическом поле, вектор напряженности $E = 10$ кВ/м которого направлен вертикально вниз, находится заряженный шарик А, подвешенный на тонкой изолирующей нити длиной $l = 1$ м. Заряд шарика $q = 10^{-6}$ Кл, масса $m = 10$ т. Шарик сообщили начальную скорость $v_0 = 1$ м/с в направлении, перпендикулярном вектору E . Найти натяжение нити T в момент достижения шариком крайнего положения.

О т в е т: $0,105$ Н.

Задача 4. Конденсатор составлен из трех плоских параллельных пластин (рис. 72). Расстояния между пластинами

- 105 -

$= 0,05$ см. ЭДС аккумулятора $E_2 = 12$ В. Найти силу тока, потребляемого нагрузкой, при которой аккумулятор начнет разряжаться.

О т в е т: 4 А.

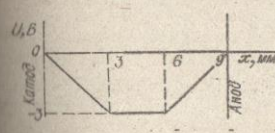


Рис. 73

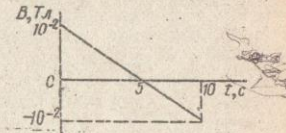


Рис. 74

Задача 9. Два параллельно соединенных источника тока ($E_1 = 5$ В, $E_2 = 3$ В, $r_1 = 2,5$ Ом, $r_2 = 1$ Ом) включены на нагрузку, сопротивление R которой можно менять. Последовательно со вторым источником включен гальванометр. При каком значении внешнего сопротивления R сила тока через гальванометр равна нулю.

О т в е т: $3,75$ Ом.

Задача 10. Пространство между плоскими бесконечными параллельными электродами, находящимися на расстоянии $d = 0,1$ см друг от друга, заполнено двумя слоями вещества, плоская граница между которыми параллельна электродам. Проводимости и диэлектрические проницаемости веществ слоев соответственно: $\gamma_1 = 10^{-5}$ (Ом·м) $^{-1}$, $\epsilon_1 = 2$; $\gamma_2 = 2 \cdot 10^{-5}$ (Ом·м) $^{-1}$, $\epsilon_2 = 3$. Толщина слоев $d/2$. К электродам приложены потенциалы $\varphi_1 = 2$ В и $\varphi_2 = 14$ В. Найти потенциал и поверхностную плотность заряда на границе между слоями, плотность тока проводимости.

О т в е т: 10 В; $7 \cdot 10^{-7}$ Кл/м ^{2} ; $1,6$ А/м ^{2} .

Задача 11. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены параллельно на расстоянии $d = 0,25$ м друг от друга. По проводникам текут токи ($I_1 = 3,14$ А и $I_2 = 2,73$ А) в противоположных направлениях. Найти напряженность магнитного

- 107 -

поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 2d$ от первого провода. Угол между r_1 и d равен $\pi/2$, r_2 — расстояние от точки до второго провода.

Ответ: $0,51 \text{ А/м}$.

Задача 12. Рамка, имеющая 100 витков площадью $S = 5 \text{ см}^2$ каждый, замкнута на гальванометр с сопротивлением $R = 10 \text{ кОм}$. Рамка находится в однородном магнитном поле, причем линии поля перпендикулярны плоскости рамки. Магнитная индукция B меняется по графику, представленному на рис. 74. Найти заряд, который протечет по цепи гальванометра за 10 с, и индуцированную в цепи ЭДС.

Ответ: 10^{-7} Кл ; 10^{-4} В .

Задача 13. Электрон влетает в область пространства с однородным электростатическим полем напряженностью $E = 6 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ перпендикулярно линиям напряженности. Определить величину и направление индукции магнитного поля, которое надо создать в этой области для того, чтобы электрон пролетел ее, не испытывая отклонений. Энергия электрона $1,6 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$.

Ответ: $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$.

Задача 14. Жесткая проводящая рамка квадратной формы лежит на горизонтальной непроводящей поверхности и находится в магнитном поле, линии индукции которого параллельны двум сторонам рамки. Масса рамки $m = 20 \text{ г}$, длина ее стороны $d = 4 \text{ см}$, магнитная индукция $B = 0,5 \text{ Тл}$. Найти силу постоянного тока, который нужно пропустить по рамке, чтобы одна из ее сторон начала подниматься.

Ответ: 5 А .

Задача 15. Круговой медный проводящий контур радиусом $r = 0,1 \text{ м}$ находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Определить напряженность электрического поля в контуре, если магнитное поле изменяется согласно закону $B = At$, где $A = 0,5 \text{ Тл/с}$. Найти плотность тока в нем.

Ответ: $0,025 \text{ В/м}$; $1,47 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$.

108 -

в 10 раз, если их разрядить через сопротивление 100 Ом , а также тепло, которое выделится на этом сопротивлении.

Ответ: 233 мФ ; $3,5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$; $7,66 \cdot 10^{-8} \text{ с}$; $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$.

Задача 4. Радиус внутреннего и внешнего шаров электрического вакуумного конденсатора $R_1 = 1 \text{ см}$ и $R_2 = 4 \text{ см}$. К конденсатору приложено напряжение $U = 3 \text{ кВ}$. Найти скорость, которую приобретет электрон, при приближении к центру шаров с расстояния $r_1 = 3 \text{ см}$ до расстояния $r_2 = 2 \text{ см}$.

Ответ: $1,54 \cdot 10^7 \text{ м/с}$.

Задача 5. Протон, ускоренный разностью потенциалов 800 В , влетает в электрическое однородное поле перпендикулярно вектору E . $E = 300 \text{ В/м}$. Определить скорость, нормальное, тангенциальное и полное ускорение протона через время $t = 10^{-6} \text{ с}$. Найти энергию, которую приобрел протон в этом поле. Удельный заряд протона $q/m = 1 \cdot 10^8 \text{ Кл/кг}$.

Ответ: $5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$; $3 \cdot 10^{10} \text{ м/с}^2$; $2,4 \cdot 10^{10} \text{ м/с}^2$; $1,8 \cdot 10^{10} \text{ м/с}^2$; $7,5 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$.

Задача 6. В цепи (рис. 75) $E_1 = E_3 = 4 \text{ В}$, $E_2 = 2 \text{ В}$, $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $C = 2 \text{ мкФ}$. Найти заряд на обкладке конденсатора.

Ответ: 10 мкКл .

Задача 7. Найти силу тока через сопротивление R_3 в цепи (см. рис. 52), если $E_1 = E_2 = 4 \text{ В}$, $E_3 = 2 \text{ В}$; $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$.

Ответ: $0,0285 \text{ А}$.

Задача 8. По медному проводнику длиной $l = 2 \text{ м}$ площадью поперечного сечения $S = 0,4 \text{ см}^2$ идет ток. При этом электродвижущая сила выделяется тепло ($Q = 0,35 \text{ Дж}$). Определить, сколько электронов проводимости проходит за 1 с через поперечное сечение этого проводника.

Ответ: $12,7 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}$.

Задача 9. К зажимам батареи аккумуляторов присоеди-

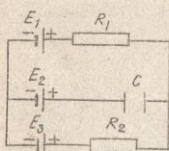


Рис. 75

Задача 16. Катушка с сопротивлением $0,01 \text{ Ом}$ и индуктивностью $0,5 \text{ мГн}$ присоединена к батарее с пренебрежимо малым сопротивлением; ЭДС батареи $E = 12 \text{ В}$. Определить, через какое время после замыкания контура ток достигнет 90 % своей конечной величины; какое количество энергии будет запасено к этому времени в магнитном поле; какое количество энергии при этом взято из батареи.

Ответ: $0,115 \text{ с}$; 292 Дж ; 1008 Дж .

Задача 17. Сопротивления 2000 Ом и конденсатор емкостью 1 мкФ соединены последовательно и включены в сеть с эффективным напряжением 120 В и частотой 60 Гц . Найти полное сопротивление и эффективное значение силы тока. Определить, каковы будут показания вольтметра переменного тока, подключенного параллельно к сопротивлению, к емкости.

Ответ: 3320 Ом ; $0,036 \text{ А}$; 72 В ; $95,5 \text{ В}$.

ВАРИАНТ 17

Задача 1. Четыре одинаковых точечных заряда ($q = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$) находятся в вершинах тетраэдра с ребром $a = 0,1 \text{ м}$. Найти энергию взаимодействия этих зарядов.

Ответ: $2,16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$.

Задача 2. Электрическое поле создано равномерно распределенным по стержню зарядом, линейная плотность которого $\tau = 1,4 \text{ мкКл/м}$, длина стержня 4 м . Найти напряженность E поля в точке, находящейся против середины стержня на расстоянии $d = 2 \text{ м}$ от его оси.

Ответ: 9 МВ/м .

Задача 3. Емкость конденсатора 100 пФ , и он заряжен до разности потенциалов 100 В . После отключения источника напряжения конденсатор параллельно соединяют с другим. Определить емкость второго конденсатора, если конечное напряжение 30 В , и количество энергии, которое при этом потеряно. Найти промежуток времени, после которого напряжение на конденсаторах уменьшится

109 -

на нагреватель ЭДС батареи аккумуляторов $E = 24 \text{ В}$ с внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность $P = 80 \text{ Вт}$. Определить силу тока в цепи и КПД источника. Найти сопротивление нагревателя, необходимое, чтобы он потреблял такую мощность. Вычислить максимальную мощность, которая может выделяться в цепи данного источника. Построить график зависимости $P = P(R)$.

Ответ: 20 А ; 17% ; $0,2 \text{ Ом}$; 4 А ; 83% ; 5 Ом ; 144 Вт .

Задача 10. Потенциометр с сопротивлением $R = 100 \text{ Ом}$ подключен к батарее, ЭДС которой $E = 150 \text{ В}$, а внутреннее сопротивление $r = 50 \text{ Ом}$. Определить показание вольтметра с сопротивлением $R_1 = 500 \text{ Ом}$, соединенного с одной из клемм потенциометра и подвижным контактом, установленным посередине потенциометра, а также разность потенциалов между теми же точками потенциометра при отключении вольтметра.

Ответ: $46,9 \text{ В}$; 50 В .

Задача 11. Ток течет по длинному прямому проводнику, имеющему форму желоба с поперечным сечением в виде полукольца. Найти магнитную индукцию B на оси полукольца, если сила тока $I = 10 \text{ А}$, радиус полукольца $R = 10 \text{ см}$.

Ответ: $1,27 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$.

Задача 12. Периодическая CD массой m скользит без трения по двум длинным проводящим рельсам, расположенным на расстоянии l друг от друга. Система находится в однородном магнитном поле B , перпендикулярном плоскости контура. Левые концы рельсов замкнуты через сопротивление R (см. рис. 67). В момент времени $t = 0$ перемычка сообщила скорость v_0 . Пренебрегая сопротивлением рельсов и перемычки, а также самоиндукцией контура, найти зависимость скорости перемычки от времени.

Ответ: $v = v_0 e^{-at}$, где $a = B^2 l^2 / mR$.

Задача 13. Имеется тороидальная катушка с n витками, симметричная длинной прямолинейной провод. Сечение катушки прямоугольное, его высота $h = 2 \text{ см}$. Число витков катушки $N = 2000$, $\mu = 1$. Найти амплитудное значение ЭДС индукции в

- III -

этой катушке, если по проводу течет переменный ток $i = 2 \cos 0,2\pi t$ А. Внутренний и внешний диаметры катушки $d = 0,1$ м и $D = 0,2$ м.

Ответ: 7 мВ.

Задача 14. В циклотроне требуется ускорить ионы гелия He^{2+} . Частота переменной разности потенциалов, приложенной к дуантам, $f = 10$ МГц. Найти индукцию B магнитного поля, при которой период обращения ионов совпадает с периодом изменения разности потенциалов.

Ответ: 1,3 Тл.

Задача 15. Между полюсами электромагнита помещена катушка, соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна линиям индукции. Катушка имеет 15 витков площадью 2 см² каждый. Сопротивление катушки $R_1 = 4$ Ом, сопротивление гальванометра $R_2 = 46$ Ом. Когда ток в обмотке электромагнита выключили, по цепи гальванометра протекло количество электричества $q = 9 \cdot 10^{-5}$ Кл. Вычислить магнитную индукцию B поля электромагнита.

Ответ: 1,5 Тл.

Задача 16. Определить, сколько ампер-витков требуется для того, чтобы получить магнитный поток $\Phi = 3 \cdot 10^{-4}$ Вб в железном сердечнике замкнутого соленоида (тороида), если длина средней линии сердечника 120 см и сечение $2,5$ см² (см. рис. 22).

Ответ: 840 ампер-витков.

Задача 17. Цепь переменного тока, содержащая последовательно соединенные конденсатор, катушку индуктивности и резистор, подключена к внешнему переменному напряжению, частоту которого можно менять, не меняя его амплитуды. При частотах f_1 и f_2 амплитуды силы тока в цепи оказались одинаковыми. Найти резонансную частоту, если $f_1 = 100$ Гц, $f_2 = 25$ Гц.

Ответ: 50 Гц.

- 112 -

ВАРИАНТ 18

Задача 1. Две концентрические проводящие сферы радиусами $R_1 = 6$ см и $R_2 = 10$ см несут соответственно заряды $q_1 = 1$ нКл и $q_2 = -0,5$ нКл. Найти напряженность и потенциал в точках, находящихся на расстояниях от центра сфер $r_1 = 5$ см, $r_2 = 9$ см и $r_3 = 15$ см. Построить график зависимости напряженности и потенциала поля от расстояния.

Ответ: 0; 1,11 кВ/м; 200 В/м; 105 В; 55 В; 30 В.

Задача 2. Четыре одинаковых заряда ($q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл) расположены в вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см. Найти напряженность электрического поля и потенциал в точке, находящейся на расстоянии a от каждого заряда.

Ответ: $1,26 \cdot 10^5$ В/м; 18 кВ.

Задача 3. Радиус центральной жилы коаксиального кабеля 1,5 см, радиус оболочки 3,5 см. Между жилой и оболочкой приложено напряжение 2300 В. Вычислить напряженность электрического поля на расстоянии 2 см от оси кабеля. Найти емкость единицы длины такого кабеля ($\epsilon = 3$). Определить силу тока утечки, если удельная проводимость $\gamma = 10^{-5}$ (Ом·м)⁻¹.

Ответ: 135 В/м; 196 пФ/м; 170 мА/м.

Задача 4. Два отрицательных заряда величиной $q = 10^{-8}$ Кл закреплены на расстоянии $2a = 2$ см. На расстоянии $r = 100$ см от каждого из них находится протон. Найти скорость, которую приобретет протон при прохождении положения равновесия, если в начальный момент времени он покоился.

Ответ: $5,9 \cdot 10^7$ м/с.

Задача 5. Плоский конденсатор, образованный двумя квадратными пластинами со стороной a , расположенными на расстоянии l друг от друга, присоединен к источнику ЭДС. В пространство между пластинами с постоянной скоростью v вводится стеклянная пластина толщиной l и такой же площади, как пластины конденсатора. Найти силу тока в цепи, если $\epsilon = 7$, $a = 0,2$ м, $l = 2$ см, $U = 750$ В, $v = 9 \cdot 10^{-2}$ м/с.

Ответ: $3,58 \cdot 10^{-4}$ А.

- 113 -

Задача 6. За время 10 с при равномерно возрастающей от нуля до некоторого максимума силе тока в проводнике выделилось количество теплоты, равное 40 кДж. Определить заряд q , прошедший в проводнике за это время, если сопротивление его $R = 30$ Ом, и эффективное значение тока.

Ответ: 100 Кл; 11,5 А.

Задача 7. Для определения места, где один из проводников двухжильного кабеля вследствие повреждения изоляции получил соединение с землей, использовали установку, схема которой приведена на рис. 70. СВ-струна, по которой можно перемещать контакт D . Определить место повреждения кабеля, если гальванометр не дает отклонения, когда контакт D находится на расстоянии $l_1 = 41$ см от точки C . Длина струны $l_2 = 100$ см, длина кабеля $l = 7,8$ км.

Ответ: 3,4 км.

Задача 8. В условиях очень интенсивного нагревания проводников (например, обмотка индукционной нагревательной печи) их часто выполняют в виде медной трубки, по которой протекает охлаждающая вода. Определить расход охлаждающей воды в 1 мин, если длина такого проводника $l = 35$ м, наружный диаметр $D = 12$ мм, внутренний диаметр $d = 10$ мм, и по нему протекает ток силой $I = 1500$ А. Температура поступающей воды $t_1 = 12$ °С, уходящей $t_2 = 35$ °С.

Ответ: 240 кг/мин.

Задача 9. Электромотор подключен в сеть постоянного тока напряжением 220 В. Сопротивление обмотки мотора 2 Ом. Сила потребляемого тока 10 А. Найти потребляемую мощность и КПД мотора.

Ответ: 2,2 кВт; 91 %.

Задача 10. В цепи (см. рис. 52) $E_1 = 70$ В, $E_2 = 35$ В, $r_1 = r_2 = 1$ Ом, $R_1 = 9$ Ом, $R_2 = 19$ Ом, $R_3 = 40$ Ом. Определить токи во всех ветвях цепи.

Ответ: 1,5 А; 0,125 А; 1,375 А.

Задача 11. Ток силой $I = 4$ А течет по тонкому изо-

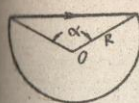


Рис. 76

гнутому проводнику (рис. 76). Найти магнитную индукцию B в точке O , если радиус дуги окружности $R = 0,1$ м, $\alpha = 120^\circ$.

Ответ: 30,5 мТл.

Задача 12. Соленоид намотан на чугунное кольцо с площадью сечения 5 см². Определить, сколько ампер-витков на 1 см необходимо для получения магнитного потока $\Phi = 2,5 \cdot 10^{-4}$ Вб (см. рис. 22).

Ответ: 15 А·вит/см.

Задача 13. Медный провод сечением $0,2$ мм² согнутый в виде трех сторон квадрата, может вращаться около горизонтальной оси AC (см. рис. 57). Провод находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Когда по проводу идет ток силой $I = 10$ А, провод отклоняется от положения равновесия на угол $\alpha = 15^\circ$. Определить индукцию поля и совершенную работу, если сторона квадрата $0,1$ м.

Ответ: 0,34 мТл; $2,4 \cdot 10^{-5}$ Дж.

Задача 14. В плоскости лежат бесконечно длинный перпендикулярный проводник и проводник в виде квадрата стороной $a = 0,1$ м. Расстояние от ближайшей стороны квадрата до проводника a . Найти взаимную индуктивность, если одна из сторон квадрата параллельна проводнику.

Ответ: $1,4 \cdot 10^{-8}$ Гн.

Задача 15. Замкнутый на себя соленоид радиусом $0,1$ м, содержащий 10 витков, вращается с угловой скоростью 5 рад/с вокруг диаметра одного из витков в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,4$ Тл. Ось вращения перпендикулярна вектору B . Сопротивление соленоида $R = 5$ Ом, индуктивность $L = 1$ Гн. Определить максимальную силу тока, текущую через соленоид.

Ответ: 0,314 А.

Задача 16. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 100 В и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл, стала двигаться по винтовой линии с шагом 6,5 см и радиусом 1 см. Определить отношение заряда частицы к ее массе.

Ответ: $0,97 \cdot 10^8$ Кл/кг.

115 -

114

Задача 17. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока 60 А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией $B = 20$ мТл. Диаметр витка 10 см. Определить, работу, которую нужно совершить, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол $\alpha = \pi/3$. Вычислить количество электричества, которое доходящее протечет по витку при этом повороте. Сопротивление витка 10 Ом.

Ответ: $47,1 \cdot 10^{-4}$ Дж; $7,85$ мкКл.

ВАРИАНТ 19

Задача 1. Две тонких прямолинейных одинаковых параллельных нити длиной $l = 0,6$ м каждая равномерно заряжены; заряды нитей соответственно $q_1 = +2 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Нити находятся на расстоянии $a = 0,8$ м друг от друга. Найти напряженность E в точке, отстоящей на расстоянии $0,5$ м от центра нитей и расположенной симметрично по отношению к ее концам.

Ответ: 180 В/м.

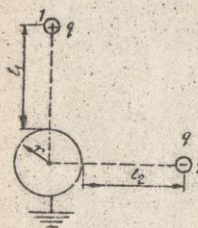


Рис. 77

Задача 2. Разноименные точечные заряды q и $-q$ находятся на расстоянии l_1 и l_2 от заземленной сферы малого радиуса (рис. 78). Расстояние от зарядов до поверхности сферы и других заземленных предметов много больше l_1 и l_2 . Найти силу, с которой заряды действуют на сферу. Угол δ вершины в центре сферы, образованный прямыми, проведенными из зарядов, равен 90° . Учесть, что потенциал на поверхности сферы и внутри нее равен нулю и создастся он как зарядами q и $-q$, так и индуцированными зарядами q' и $-q'$.

Задача 3. Заряды q_1 и q_2 закреплены на расстоянии

- 116 -

l_1 и l_2 соответственно от заряда q . Найти работу, которую нужно совершить, чтобы поменять местами заряды q_1 и q_2 , если $l_1 = 1$ м, $l_2 = 2$ м, $q_0 = q_1 = 10^{-10}$ Кл, $q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл.

Ответ: $4,5 \cdot 10^{-11}$ Дж.

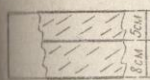


Рис. 78

Задача 4. Три проводящие пластины расположены параллельно друг другу (рис. 78). Наружние пластины соединены проводом. Пространство между пластинами заполнено диэлектриком ($\epsilon = 3$). Внутренняя пластина изолирована и несет заряд $10 \cdot 10^{-10}$ Кл/см².

Найти плотность поверхностного заряда на обеих сторонах средней пластины и плотность связанных зарядов вблизи поверхности средней пластины.

Ответ: $6,15 \cdot 10^{-10}$ Кл/см²; $3,85 \cdot 10^{-10}$ Кл/см²; $4,1 \cdot 10^{-10}$ Кл/см²; $2,57 \cdot 10^{-10}$ Кл/см².

Задача 5. Соединив сетку трехэлектродной лампы с отрицательным полюсом батареи, создаст поле против движения электронов. Найти разность потенциалов между сеткой и катодом, при котором ток в лампе прекратится, если скорость электронов при вылете из катода равна 300 км/с. Определить температуру катода, соответствующую данной скорости.

Ответ: $\geq 0,256$ В; 1980 К.

Задача 6. Заряженная капля масла (плотность масла $0,8$ г/см³) уравновешена электростатическим полем горизонтально расположенного плоского конденсатора. Найти напряжение U , поданное на пластины конденсатора, если капля радиусом $r = 2$ мкм несет на себе три электрона. Расстояние между пластинами $d = 8$ мм. Что произойдет при раздвижении пластин, если пластины соединены с источником напряжения и если пластины отключены?

Ответ: 4350 В.

Задача 7. Три батареи ($E_1 = 12$ В, $E_2 = 5$ В, $E_3 = 10$ В, $r_1 = r_2 = r_3 = 10$ Ом) соединены между собой однозначными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Найти силу тока, идущих через батареи.

Ответ: 3 А; 4 А; 1 А.

- 117 -

Задача 8. К батарее ($E = 2$ В, $r = 0,5$ Ом) присоединен проводник. Определить, при каком сопротивлении проводника мощность, выделяемая в нем, максимальна и саму эту мощность, а также КПД источника.

Ответ: $0,5$ Ом; 2 Вт; 50% .

Задача 9. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $i = i_0 \sin \omega t$. Найти заряд q , проходящий через поперечное сечение проводника за время, равное половине периода, если $i_0 = 10$ А, частота $f = 50$ Гц. Определить, какое количество тепла выделяется за это время, если сопротивление проводника $R = 10$ Ом.

Ответ: $0,084$ Кл; $4,9$ Дж.

Задача 10. Концы провода длиной $l = 30$ м при обрыве высоковольтной линии передачи лежат на земле. На рис. 11 показана сечение провода, силовые линии электрического поля и штриховой линией — одна из эквипотенциальных поверхностей поля в земле. Вдоль силовой линии к проводу приближается человек (направление его движения перпендикулярно проводу). Расстояние от провода до ближайшей к проводу ноги человека $r = 1$ м, длина шага человека $d = 65$ см. Найти напряжение шага, если удельное сопротивление грунта $\rho = 10^2$ Ом·м, сила тока в проводе $I = 500$ А.

Ответ: 270 В.

Задача 11. Пучок параллельно движущихся со скоростью $v = 10^8$ м/с электронов создает ток силой $I = 3,14$ А. Определить напряженность H магнитного поля и напряженность E электрического поля, созданного единицей длины пучка в точке, удаленной от его середины на расстояние $r = 0,5$ м.

Ответ: $0,7$ А/м; $8,1 \cdot 10^5$ В/м.

Задача 12. Два круговых витка одинаковых радиусов с совмещенными центрами находятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Радиус витков $R = 0,5$ м, сила токов, текущих по виткам, соответственно $I_1 = 3$ А и $I_2 = 4$ А. Найти напряженность магнитного поля в центре витков и суммарный магнитный момент.

Ответ: 5 А/м; 4 А·м².

- 118 -

Задача 13. На соленоид, длиной 21 см и площадью поперечного сечения 10 см², надета катушка, состоящая из 50 витков. Катушка соединена с баллистическим гальванометром с сопротивлением 10 кОм. По обмотке соленоида, состоящей из 200 витков, идет ток силой 5 А. Найти баллистическую постоянную гальванометра, если известно, что при выключении тока в соленоиде гальванометр дал отброс по шкале, равный 30 делениям. Сопротивлением катушки, малым по сравнению с сопротивлением баллистического гальванометра, пренебречь.

Ответ: 10^{-8} Кл на деление.

Задача 14. Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты сверху проводником. По этим стержням без трения и нарушения контакта скользит перемычка длиной $l = 0,5$ см и массой $m = 10$ г. Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10^{-2}$ Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Установившаяся скорость $v = 1$ м/с. Найти сопротивление перемычки. Сопротивлением направляющих стержней и провода пренебречь.

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-7}$ Ом.

Задача 15. Электроны, летящие в телевизионной трубке, обладают энергией 12 кэВ. Трубка ориентирована так, что электроны движутся горизонтально с юга на север. Вертикальный составляющий внешнего магнитного поля направлен вниз, и его индукция $B = 0,5 \cdot 10^{-3}$ Тл. Определить направление, в котором будет отклоняться электронный луч, ускорение каждого электрона и отклонение луча электронов, пролетевших 20 см внутри телевизионной трубки.

Ответ: $6,1 \cdot 10^{14}$ м/с²; 3 мм.

Задача 16. Определить индуктивность бесконечно длинного соленоида с железным сердечником, по которому течет ток силой 2 А. Длина соленоида $0,2$ м, диаметр проволоки 2 мм, проволока намотана вплотную в один ряд, площадь одного витка соленоида $8,0 \cdot 10^{-3}$ м² (см. рис. 22). Найти плотность энергии поля в витке.

Ответ: $1,6$ мГн; $0,65$ кДж/м³.

* Баллистической постоянной гальванометра называется величина, численно равная отбросу по шкале на одно деление, вызванному единичным зарядом, который проходит по катушке.

- 119 -

Задача 17. Максимальное напряжение в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности $L = 5 \text{ мГн}$ и конденсатора емкости $C = 1330 \text{ пФ}$, $U_0 = 1,2 \text{ В}$. Сопротивление контура можно считать пренебрежительно малым. Определить действующее значение силы тока в контуре и максимальное значение магнитного потока, если в катушке 20 витков.

Ответ: 44 мА ; $1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Вб}$.

ВАРИАНТ 20

Задача 1. Полый стеклянный шар несет равномерно распределенный по объему заряд (объемная плотность заряда $\rho = 0,1 \text{ мкКл/м}^3$). Внутренний и наружный радиусы шара $R_1 = 5 \text{ см}$ и $R_2 = 10 \text{ см}$. Вычислить напряженность E и вектор электрического смещения D электрического поля в точках, отстоящих от центра сферы на расстояниях $r_1 = 3 \text{ см}$, $r_2 = 6 \text{ см}$ и $r_3 = 12 \text{ см}$. Построить графики зависимостей $E = E(r)$ и $D = D(r)$.

Ответ: 0 ; $13,6 \text{ В/м}$; 229 В/м ; 0 ; $8,43 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}^2$; $2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$.

Задача 2. Два шара радиусами $r_1 = 0,3 \text{ см}$ и $r_2 = 0,1 \text{ см}$ висят на одинаковых нитях длиной $l = 0,8 \text{ м}$, закрепленных в одной точке. Массы шаров одинаковы: $m = 10 \text{ г}$. Найти заряд, который нужно сообщить шарам, чтобы нити разошлись на угол 90° . Определить силу натяжения нитей и энергию взаимодействия шариков в наклонном состоянии.

Ответ: $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$; $1,4 \cdot 10^{-1} \text{ Н}$; 112 мДж .

Задача 3. Точечный диполь с электрическим моментом $4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл} \cdot \text{м}$ находится в поле, созданном бесконечной прямолинейной заряженной нитью (линейная плотность заряда $\tau = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}$). Центр диполя расположен на расстоянии $r = 10 \text{ см}$ от нити. Ось диполя первоначально перпендикулярна к касательной к силовой линии поля. Определить момент сил, действующих на диполь. Найти все точки, где находится центр диполя, величину dE/dr , характеризующую степень неоднородности поля в направлении силовой линии, и силу F , действующую на диполь.

Ответ: $3,6 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м}$; $9 \cdot 10^5 \text{ В/м}^2$; $3,6 \cdot 10^5 \text{ Н}$.

- 120 -

Задача 8. Батарея состоит из пяти одинаковых последовательно соединенных элементов ($E = 1,4 \text{ В}$, $r = 0,3 \text{ Ом}$). Найти силу тока, при которой полезная мощность $P = 8 \text{ Вт}$. Выразить мощность P во внешней цепи как функцию тока I . Построить график этой функции. Определить наибольшую полезную мощность, которую можно получить от батареи.

Ответ: $2 \frac{2}{3} \text{ А}$; 2 А ; $8 \frac{1}{6} \text{ Вт}$.

Задача 9. Два плоских электрода площадью 140 см^2 каждый, находясь на расстоянии 5 см друг от друга, погружены в слабопроводящую среду, удельная проводимость которой меняется от 10^{-4} до $4 \cdot 10^{-4} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}^{-1}$. На пластины подается напряжение 5 В . Найти электрическое сопротивление и силу тока между пластинами, а также напряженность в точках, лежащих вблизи пластин и посередине между ними.

Ответ: $1,67 \cdot 10^4 \text{ Ом}$; 300 мкА ; 214 В/м ; $53,5 \text{ В/м}$; $85,6 \text{ В/м}$.

Задача 10. Цепь, имеющую источник тока с ЭДС $E = 50 \text{ В}$ и резистор сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$, включают. Индуктивность цепи 10^{-2} Гн . Определить время, в течение которого сила тока в цепи уменьшится в 2,7 раза, и количество тепла, выделившееся в резисторе за время уменьшения тока до нуля.

Ответ: $2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$; $0,5 \text{ Дж}$.

Задача 11. Определить напряженность магнитного поля в центре проволочного квадрата со стороной $0,5 \text{ м}$. По квадрату течет ток силой $I = 0,314 \text{ А}$. Из этой проволоки наматывают на железный сердечник соленоид, состоящий из 200 витков. Витки плотно прилегают друг к другу. Определить напряженность на оси такого соленоида и его индуктивность. Диаметр провода 1 мм . Найти магнитную проницаемость сердечника при данных условиях (см. рис. 22).

Ответ: $0,56 \text{ А/м}$; $3,14 \cdot 10^2 \text{ А/м}$; 5 мТл ; $2,5 \cdot 10^3$.

Задача 12. Ток силой $I = 5 \text{ А}$ идет по проводнику, который сначала идет по прямой, затем делает круглую петлю радиусом $R = 20 \text{ см}$ и снова идет по прямой. Найти напряженность в центре кольца.

Ответ: $16,5 \text{ А/м}$.

- 122 -

Задача 4. Определить, сколько электронов содержит заряд пылинки массой 10^{-11} г , если пылинка удерживается в равновесии, находясь в середине плоского вакуумного конденсатора, заряженного до разности потенциалов $76,5 \text{ В}$. Расстояние между пластинками 5 мм . Найти ускорение движения пылинки и скорость, с которой она подлетит к одной из обкладок конденсатора, если на нее действует 20 электронов. Определить также работу по перемещению пылинки.

Ответ: 40 ; 5 м/с^2 ; $0,16 \text{ м/с}$; 765 эВ .

Задача 5. Плоский конденсатор, пространство между пластинами которого заполнено керосином ($\epsilon = 2$), расположен вертикально, заряжен и отключен от источника напряжения. Напряженность электрического поля в керосине $E = 20 \text{ кВ/см}$. Из-за деформации керосина начинает вытекать, а его место занимает воздух. Предельная напряженность электрического поля в воздухе, при которой наступает электрический пробой, $E_{\text{пред}} = 30 \text{ кВ/см}$. Определить, какая доля керосина вытеет из конденсатора к моменту его пробоя.

Ответ: $\epsilon \left(1 - \frac{E}{E_{\text{пред}}}\right) / (\epsilon - 1) = 2/3$.

Задача 6. Плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами 5 см и площадью 1000 см^2 подсоединен к источнику с ЭДС $E = 2000 \text{ В}$. Параллельно пластинам в конденсатор вводится металлическая пластина толщиной 1 см . Найти работу, совершаемую при этом батареей.

Ответ: $8,85 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$.

Задача 7. Цилиндрический заземлитель погружен в землю ровным с ее поверхностью. Найти напряжение, под которым может оказаться человек, приближающийся к заземлителю (напряжение шага). Длина шага человека $d = 1 \text{ м}$, расстояние от ближайшей к заземлителю ноги человека до заземлителя $r = 1 \text{ м}$. Удельная проводимость почвы $\gamma = 10^{-2} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}^{-1}$, сила тока $I = 6,3 \text{ А}$, глубина заземления $h = 1 \text{ м}$ (см. рис. 11). При расчете считать, что ток, протекающий через основание заземлителя, много меньше тока, текущего через его боковую поверхность.

Ответ: 70 В .

- 121 -

Задача 13. Квадратная рама площадью 625 см^2 с замкнутой обмоткой из медного провода вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10^{-2} \text{ Тл}$ вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной полю, с частотой 1200 мин^{-1} . Найти изменение температуры обмотки за 1 мин (теплоотдачей пренебречь). Удельное сопротивление, теплоемкость и плотность меди соответственно $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$; $c = 378 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$; $d = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $3,2^\circ \text{С}$.

Задача 14. Виток, по которому течет ток силой $I = 20 \text{ А}$, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,016 \text{ Тл}$. Диаметр витка 10 см . Определить работу, которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на угол $\pi/2$ относительно оси, совпадающей с диаметром витка, а также заряд, который протечет при повороте по витку, если напряжение источника, к которому подключен виток, 50 В . Указать, в каком направлении потечет заряд, по току или против тока.

Ответ: 251 мДж ; 50 мкКл .

Задача 15. На горизонтальных проводящих стержнях лежит металлическая перемычка CD длиной $l = 0,1 \text{ м}$ и массой $m = 1 \text{ г}$ (см. рис. 37), способная перемещаться вдоль стержней без трения. Стержни замкнуты на резистор сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$. Система находится в магнитном поле, индукция которого $B = 2 \text{ Тл}$ перпендикулярна плоскости чертежа. Перемычка сошла горизонтальную скорость. Найти промежуток времени, необходимый, чтобы эта скорость уменьшилась в 2 раза. Сопротивлением перемычки и стержней пренебречь.

Ответ: $0,043 \text{ с}$.

Задача 16. Протон, ускоренный разностью потенциалов 10^4 В , влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $B = 1 \text{ Тл}$. Найти минимальную протяженность поля l в направлении, по которому летел протон, когда он находился вне поля, чтобы поле изменило направление движения протона на противоположное. Определить напряженность электрического поля, которая нужна для ускорения протона одновременно с магнитным, чтобы протон не испытывал отклонения.

Ответ: $1,45 \text{ см}$; $1,4 \cdot 10^8 \text{ В/м}$.

- 123 -

Задача 17. Две катушки имеют взаимную индукцию $0,05 \text{ Гн}$. В первой катушке сила тока изменяется по закону $i = i_0 \sin \omega t$, где $i_0 = 10 \text{ А}$; $T = 0,02 \text{ с}$. Найти зависимость ЭДС, индуцируемой во второй катушке, от времени и наибольшее ее значение.

Ответ: $15,7 \text{ В}$.

ВАРИАНТ 21

Задача 1. Кольцо из проволоки радиусом $R = 10 \text{ см}$ несет заряд $q = -5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Найти напряженность электрического поля на оси кольца в точке, расположенной от его центра на расстоянии 15 см .

Ответ: $1,15 \text{ кВ/м}$.

Задача 2. Два заряда $q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии $d = 50 \text{ см}$ друг от друга. Найти напряженность поля в точке, лежащей на соединяющей заряды линии, потенциал в которой равен нулю, и работу, необходимую, чтобы увеличить расстояние между зарядами в 3 раза?

Ответ: 750 В/м ; $7,2 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}$.

Задача 3. Конденсатору емкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ сообщили заряд $q = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$ и замкнули его на сопротивление $R = 20 \text{ Ом}$. Найти зависимость от времени силы тока, текущего по сопротивлению R , количества тепла, выделившегося на сопротивлении. Определить время, за которое ток уменьшится в e раз (здесь e — основание натурального логарифма), и количество тепла, выделившееся за это время и за полное время разрядки.

Ответ: $2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$; 108 мкДж ; 125 мкДж .

Задача 4. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 10^7 м/с . Напряженность поля в конденсаторе $E = 100 \text{ В/см}$, длина конденсатора $l = 5 \text{ см}$. Найти скорость, полное, тангенциальное и нормальное ускорение электрона при вылете его из конденсатора, а также работу сил поля, совершенную над электроном в конденсаторе.

Ответ: $1,33 \cdot 10^7 \text{ м/с}$; $1,76 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$; $1,32 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$; $1,16 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$; $3,5 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$.

124

Задача 5. Между пластинами плоского конденсатора, находящимися на расстоянии 2 мм друг от друга, помещен диэлектрик, полностью заполняющий пространство между пластинами. На конденсатор подано напряжение 600 В . Если, отключив источник напряжения, вынуть диэлектрик из конденсатора, разность потенциалов возрастет до 1800 В . Найти относительную диэлектрическую проницаемость диэлектрика, поверхностную плотность связанных зарядов на диэлектрике и поверхностную плотность зарядов, накопленных на пластинах конденсатора.

Ответ: 3 ; $5,3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$; $8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$.

Задача 6. В разрядной трубке имеется смесь водорода и гелия. Найти длину свободного пробега ℓ , необходимую, чтобы атомарный ион водорода при соударении мог вызвать возбуждение атомов гелия. Поле в трубке считать однородным, напряженность поля $E = 10 \text{ В/см}$. Первый потенциал возбуждения атомов гелия $\psi_1 = 21,4 \text{ В}$.

Ответ: $\frac{m_1 + m_2}{m_1} \frac{\psi_1}{E} = 2,7 \text{ см}$, где m_1 — масса иона водорода; m_2 — масса атома гелия.

Задача 7. Два металлических сферических электрода радиусом $a = 0,1 \text{ м}$ погружены в однородную слабопроводящую среду с удельным сопротивлением $\rho = 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Найти сопротивление среды при прохождении тока между электродами при условии, что расстояние между ними $l \gg a$. Определить плотность тока, текущего у электродов, если на электроды подать напряжение $U = 5 \text{ В}$.

Ответ: $1,59 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$; $2,5 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2$.

Задача 8. На горизонтальный вал мотора равномерно наматывается нитка, на которой подвешен груз весом $P = 8 \text{ Н}$. Мотор питается от батареи аккумуляторов с ЭДС $E = 12 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 0,4 \text{ Ом}$. Сопротивление цепи мотора $R = 3 \text{ Ом}$. Найти частоту вращения вала, если по обмоткам мотора течет ток силой $I = 3,3 \text{ А}$. Радиус вала $a = 0,5 \text{ см}$.

Ответ: 10 с^{-1} .

Задача 9. Источник тока с внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$ замкнули на резистор сопротивлением $R = 0,8 \text{ Ом}$. Определить, резистор с каким сопротивлением и каким образом нужно

- 125 -

включить дополнительно во внешнюю цепь источника, чтобы мощность, выделяемая в ней, не изменялась. Найти КПД источника для обоих случаев.

Ответ: $4,2 \text{ Ом}$; $28,6 \%$; $71,4 \%$.

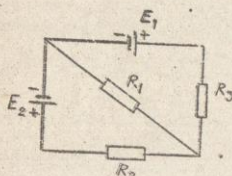


Рис. 79

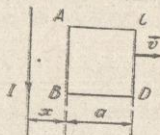


Рис. 80

Задача 10. В схеме (рис. 79) $E_1 = 2 \text{ В}$, $E_2 = 2,4 \text{ В}$, $R_1 = 50 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$. Найти силу токов, текущих на сопротивлениях.

Ответ: 0 ; $0,04 \text{ А}$; $0,04 \text{ А}$.

Задача 11. По трем параллельным проводникам, расположенным на расстояниях $a = 0,5 \text{ м}$ друг от друга, текут токи силой $I_1 = I_2 = I_3 = 2 \text{ А}$. В первом и втором проводниках токи совпадают по направлению, ток в третьем проводнике течет в противоположную сторону. Найти силу, действующую на единицу длины проводника с током I_3 .

Ответ: $2,7 \text{ мН/м}$.

Задача 12. Проволочная рамка в виде квадрата со стороной $a = 0,3 \text{ м}$ находится в магнитном поле прямолинейного длинного проводника, по которому течет ток силой $I = 20 \text{ А}$ (рис. 80). Рамка движется вправо, оставаясь в той же плоскости, что и проводник, с постоянной скоростью $v = 10^{-2} \text{ м/с}$. Найти количество электричества, которое пройдет по рамке за 10 с , если в начальный момент правый конец рамки AB до проводника $x = a$, а сопротивление рамки $R = 1,2 \text{ Ом}$.

Ответ: $0,13 \text{ мКл}$.

- 126

Задача 13. Медная пластинка имеет длину $l = 60 \text{ мм}$, ширину $b = 20 \text{ мм}$ и толщину $a = 1 \text{ мм}$ (рис. 81). По пластинке течет ток силой $I = 10 \text{ А}$. Если, не выключая тока, создать перпендикулярное к пластинке однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$, то между точками 3 и 4 возникнет разность потенциалов $U_{34} = 0,55 \cdot 10^{-7} \text{ В}$. Удельное

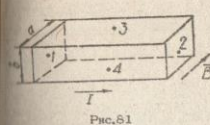


Рис. 81

сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Определить концентрацию свободных электронов для меди и их подвижность, напряжение.

Ответ: $1,1 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}$; $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$; $0,51 \text{ мВ}$.

Задача 14. Между двумя плоскими пластинами площадью $S = 0,1 \text{ м}^2$, расположенными на расстоянии $l = 0,2 \text{ м}$ друг от друга, пропускает со скоростью $v = 10^4 \text{ м/с}$ поток ионизированного газа. Магнитное поле, перпендикулярное потоку и параллельное пластинам, имеет индукцию $B = 1,2 \text{ Тл}$. Пластины замкнуты на нагрузку N (см. рис. 18). Найти ЭДС и максимальную полезную мощность этого генератора (МГГ-генератор), если удельная электропроводность газа $\eta = 10 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}^{-1}$.

Ответ: 240 В ; 72 кВт .

Задача 15. В установке для разделения изотопов ^{235}U и ^{238}U пучок однократно ионизированных ускоренных ионов урана с энергией 5 кэВ попадает от источника через щель в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости ионов. В магнитном поле ионы разных масс движутся по различным окружностям и, совершив полуоборот, попадают в приемники. Конструкция последних такова, что расстояние между пучками ионов ^{235}U и ^{238}U на выходе $d = 5 \text{ мм}$. Найти индукцию магнитного поля, удовлетворяющего этому условию, а также время, необходимое для полного разделения 1 кг природного урана, если сила ионного тока, создаваемого источником, $I = 5 \text{ мА}$.

Ответ: $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$; $8 \cdot 10^7 \text{ с}$.

Задача 16. Железное кольцо, средний диаметр которого $d = 300 \text{ мм}$, а площадь сечения $S = 500 \text{ мм}^2$, несет на себе об-

- 127 -

мотку из 800 витков. По обмотке течет ток силой $I = 3 \text{ А}$. В кольце имеется поперечный прорез шириной $b = 2 \text{ мм}$. Определить магнитную проницаемость μ железа, поток магнитной индукции через поперечное сечение кольца, индуктивность обмотки, если $B = 1,3 \text{ Тл}$.

О т в е т: $3 \cdot 10^3$; $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$; $1,2 \text{ Гн}$.

Задача 17. В цепь переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В включены последовательно активное сопротивление 40 Ом и катушка индуктивностью $0,2 \text{ Гн}$. Определить силу тока в цепи, сдвиг по фазе между током и напряжением и общее сопротивление цепи. Сформулировать закон изменения напряжения на активном сопротивлении и индуктивности.

О т в е т: 3 А ; 57° ; 75 Ом .

ВАРИАНТ 22

Задача 1. Заряд, линейная плотность которого $\tau = +10^{-10} \text{ Кл/м}$, равномерно распределен по проволоке (рис.82). Длина прямого отрезка провода $0,4 \text{ м}$, радиус полукольца $0,1 \text{ м}$. В центре полукольца помещен точечный заряд $q_0 = +5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Определить, какую работу нужно совершить, чтобы удалить заряд в бесконечность. Найти силу, которая действует на этот заряд в точке O .

О т в е т: 97 нДж ; $21,3 \text{ нДж}$.

Задача 2. Найти дипольный момент системы зарядов (рис.83), если $a = 0,1 \text{ м}$, $q = 10^{-9} \text{ Кл}$. Определить, какую работу нужно совершить, чтобы заряд $2q$ переместить в точку C .

О т в е т: $1,73 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}\cdot\text{м}$; 360 нДж .

Задача 3. Даны три конденсатора с одинаковыми площадями пластин и расстояниями между ними (рис.84). Ёмкость воздушного конденсатора C_1 . Два остальных конденсатора заполнены диэлектриком ($\epsilon = 4$). На все конденсаторы подается одинаковое напряжение. Определить, во сколько раз энергия, накопленная конденсаторами 2 и 3 больше энергии, накопленной конденсатором 1.

О т в е т: в $1,6$ и $2,5$ раза соответственно.

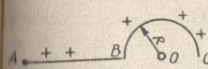


Рис.82

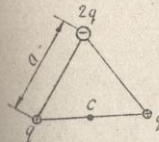


Рис.83

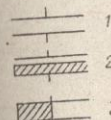


Рис.84

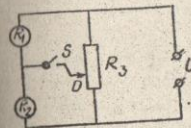


Рис.85

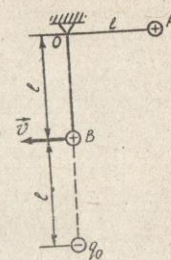


Рис.86

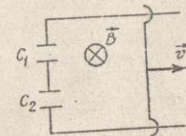


Рис.87

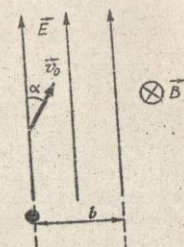


Рис.88