

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.1. В однородное электрическое поле с напряженностью  $E_0 = 100$  В/м помещена плоскопараллельная пластина из однородного и изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . Пластина расположена перпендикулярно к  $E_0$ . Определить поверхностную плотность связанных зарядов  $\sigma_{\text{пол}}$ .

Ответ:  $0,44$  нКл/м<sup>2</sup>.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.1. Плоский конденсатор содержит слой слюды ( $\varepsilon = 7$ ) толщиной 2 мм и слой парафинированной бумаги ( $\varepsilon = 2$ ) толщиной 1 мм. Найти разность потенциалов на слоях диэлектриков и напряженность поля в каждом из них, если разность потенциалов между обкладками конденсатора 220 В.

Ответ:  $U_1 = 80$  В,  $U_2 = 140$  В,  $E_1 = 4 \cdot 10^4$  В/м,  $E_2 = 14 \cdot 10^4$  В/м.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.1. Какое количество электричества выделится при разряде плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами  $\Delta\varphi = 15$  кВ, расстояние  $d = 1$  мм, площадь каждой пластины  $S = 300$  см<sup>2</sup>, а диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon = 7$ ?

Ответ:  $\sim 0,21$  Дж.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.1. Разность потенциалов на концах отрезка медной проволоки в электрической цепи  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 10$  В. Определите плотность тока  $j$  на этом участке цепи, если длина отрезка  $l = 5$  м, а удельное сопротивление меди при данных условиях  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

Ответ:  $j = \frac{U}{\rho \cdot l}$ ;  $j \approx 1,2 \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup>.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.1. В сеть параллельно с электрической лампочкой мощностью  $P_1 = 40$  Вт включается электронагревательный прибор мощностью  $P_2 = 200$  Вт. Определите, на какую величину  $\Delta U$  изменяется напряжение, подводимое к лампочке, при включении электронагревательного прибора, если напряжение в сети  $U_0 = 220$  В, а сопротивление соединительных проводов  $r = 5$  Ом.

Ответ:  $\Delta U = 4,55$  В.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.2. Точечный заряд  $q$  находится на плоскости, отделяющий вакуум от бесконечного однородного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon$ . Доказать, что поверхностная плотность поляризационных зарядов  $\sigma_{\text{пол}} = 0$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.2. Найти емкость конденсатора, содержащего в качестве диэлектрика слой слюды ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $2 \cdot 10^{-3}$  мм и слой парафинированной бумаги ( $\epsilon = 2$ ) толщиной  $10^{-3}$  мм, если площадь пластин  $25 \text{ см}^2$ .

Ответ: 280 мкФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.2. Между обкладками плоского воздушного конденсатора находится изолированная медная пластинка толщиной  $d$ , параллельная обкладкам конденсатора. Расстояние между обкладками  $2d$ , площадь каждой пластинки  $S$ . Конденсатор имеет заряд  $q$  и отключен от источника. Какую работу надо совершить, чтобы вынуть пластинку из конденсатора? Как влияет положение пластинки? Ответ обосновать.

$$\text{Ответ: } A = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 S}.$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.2. Сколько электронов  $N$  проходит в единицу времени через единицу площади поперечного сечения алюминиевой проволоки длиной  $l = 10$  м, если разность потенциалов на ее концах  $U = 9$  В, а удельное сопротивление алюминия при данных условиях  $\rho = 2,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м?

$$\text{Ответ: } N = \frac{U}{\rho \cdot l \cdot |q_e|} = 2 \cdot 10^{26} \text{ 1/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.2. Электрическая лампочка с вольфрамовой нитью рассчитана на напряжение  $U = 220$  В и потребляет мощность  $P = 50$  Вт. Диаметр нити лампы  $d = 0,02$  мм. Температура нити при нормальном режиме горения, т.е. накаливания нити,  $T = 2700$  К. Удельное сопротивление вольфрама при  $T_0 = 273$  К равно  $\rho_0 = 0,05$  мкОм·м и растет пропорционально температуре нити. Определите длину  $l$  нити этой лампочки и силу тока  $I_0$ , протекающего в ней в первый момент после включения. Определите также, во сколько раз этот ток  $I_0$  будет больше тока  $I$  при нормальном режиме горения лампочки. Комнатная температура  $t_1 = 20$  °С.

$$\text{Ответ: } l \approx 0,61 \text{ м; } I_0 = \frac{\pi d^2 U T_0}{4 \rho_0 T_1 l} \approx 2,1 \text{ А; } I_0 / I \approx 9,2.$$

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.3. Точечный заряд  $q = 1$  нКл находится в вакууме на некотором расстоянии от плоской поверхности однородного диэлектрика ( $\epsilon = 5$ ), заполняющего все полупространство. Найти суммарный связанный заряд  $q_{\text{пол}}$  на поверхности диэлектрика.

$$\text{Ответ: } q_{\text{пол}} = -\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 1} q = 0,67 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.3. Стеклянную пластинку ( $\epsilon = 7$ ) вдвинули в плоский конденсатор так, что она вплотную прилегает к его обкладкам. Разность потенциалов между пластинами конденсатора 3 В, расстояние между пластинами  $d = 10$  см. Найти плотность поляризационных зарядов на пластине диэлектрика.

$$\text{Ответ: } \sigma_{\text{пол}} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2.$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.3. Между обкладками плоского воздушного конденсатора ( $S_{\text{од}} = 10^{-4} \text{ м}^2$ ), подключенного к источнику  $\mathcal{E} = 200$  В, находится стеклянная пластинка ( $\epsilon = 5$ ), параллельно обкладкам и толщиной  $d = 1$  мм. Расстояние между пластинами  $2d$ . Какую работу нужно совершить, чтобы удалить пластинку?

$$\text{Ответ: } 6 \text{ нДж.}$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.3. Определите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов в медном проводнике, площадь поперечного сечения которого  $S = 1 \text{ мм}^2$ , при силе тока  $I = 10$  А, приняв, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости. (Плотность меди  $d = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; молярная масса меди  $\mu = 0,064 \text{ кг/моль}$ ).

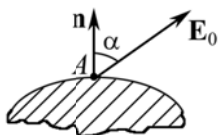
$$\text{Ответ: } \langle v \rangle = \frac{I \cdot \mu}{2S \cdot |q_e| \cdot d \cdot N_A} = 0,372 \text{ мм/с.}$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.3. Элемент с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,1$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом замкнут на внешнее сопротивление  $R = 9$  Ом. Определите силу тока  $I$  в цепи, падение потенциала во внешней цепи  $U_R$ , падение потенциала внутри элемента  $U_r$  и КПД  $\eta$  элемента.

$$\text{Ответ: } I = 0,11 \text{ А; } U_R = 0,99 \text{ В; } U_r = 0,11 \text{ В; } \eta = 0,9.$$

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ



4.4. Вблизи точки  $A$  (см. рисунок) границы раздела диэлектрик – вакуум напряженность электрического поля в вакууме равна  $E_0 = 10 \text{ кВ/м}$ , причем вектор  $E_0$  составляет угол  $\alpha = 45^\circ$  с нормалью к поверхности раздела в данной точке.

Проницаемость диэлектрика  $\epsilon = 3$ . Найти напряженность  $E$  поля внутри диэлектрика вблизи точки  $A$ .

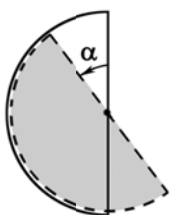
Ответ:  $7,45 \cdot 10^3 \text{ В/м}$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.4. Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено диэлектриком. Площадь каждой обкладки  $S = 0,01 \text{ м}^2$ . Расстояние между обкладками  $d = 1 \text{ мм}$ . Найти емкость  $C$  конденсатора, если диэлектрическая проницаемость изменяется по линейному закону  $\epsilon = \epsilon_1 + kx$ . На одной стороне пластины  $\epsilon = 3$ , на другой стороне  $\epsilon = 7$ .

Ответ:  $418 \text{ пФ}$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



6.4. Конденсатор переменной емкости состоит из двух параллельных металлических пластин в форме полукруга радиусом  $R$ , отстоящих друг от друга на расстоянии  $d$ . Разность потенциалов между пластинами  $\Delta\phi$ . Пластины отключены от источника. Какую работу надо совершить, чтобы повернуть пластины относительно друг друга на угол  $\alpha$ ? Краевыми эффектами пренебречь.

Ответ:  $A = \frac{\epsilon_0^2 \Delta\phi^2 \alpha}{2d}$ .

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.4. В ускорителе пучок частиц движется по круговой орбите радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  со скоростью  $v = 1,5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ . Величина среднего тока, создаваемого пучком,  $I = 15 \text{ мкА}$ . Определите заряд пучка.

Ответ:  $q = \frac{2\pi R \cdot I}{v} = 3,14 \text{ пКл}$ .

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.4. Элемент, реостат и амперметр включены последовательно. Элемент имеет ЭДС  $\mathcal{E} = 2 \text{ В}$  и внутреннее сопротивление  $r = 0,4 \text{ Ом}$ . Определите КПД элемента, если амперметр показывает силу тока  $I = 1 \text{ А}$ .

Ответ:  $\eta = 0,8$ .

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.5. В некоторой точке изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon = 7$  модуль вектора электрического смещения  $D = 1,4 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>. Чему равен модуль вектора поляризации в этой точке?

$$\text{Ответ: } |\mathbf{P}| = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) |\mathbf{D}| = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2.$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.5. Изотропный неоднородный диэлектрик заполняет пространство между обкладками сферического конденсатора. Радиусы обкладок конденсатора:  $R_1 = 5$  мм,  $R_2 = 8$  мм. Диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon$  является функцией расстояния  $r$  до центра системы,  $\varepsilon = \alpha / r^2$ , где  $\alpha = 0,0027$  м<sup>-2</sup>. Найти емкость конденсатора.

$$\text{Ответ: } C = \frac{4\pi\varepsilon_0\alpha}{(b-a)} = 100 \text{ пФ}.$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.5. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $r = 10$  см каждая. Расстояние между пластинами  $d_1 = 1$  см. Какую работу нужно совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между ними до  $d_2 = 3,5$  см, если конденсатор перед раздвижением зарядили до разности потенциалов  $\Delta\varphi = 1,2$  кВ и отключили от источника питания?

Ответ: 50 мкДж.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

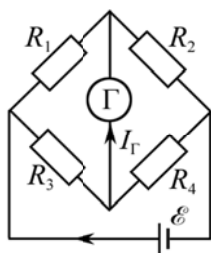
7.5. Расстояние  $l$  от источника тока до нагрузки, потребляющей ток  $I = 2$  А, составляет 5 км. Удельное сопротивление медных проводов (при  $t = 20$  °С)  $\rho = 17 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. Определите минимальную площадь сечения проводов, если потери напряжения в линии не должны превышать значения  $\Delta U = 1$  В.

$$\text{Ответ: } S_{\min} = \frac{2I \cdot \rho \cdot l}{\Delta U} = 340 \text{ мм}^2.$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.5. В схему включена батарея с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом. Падение напряжения на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_4$  равны, соответственно,  $U_1 = 4$  В и  $U_4 = 2$  В. Определите, какой ток  $I$  показывает амперметр и каково падение напряжения  $U_3$  на сопротивлении  $R_3$ , если КПД батареи  $\eta = 0,8$ .

Ответ:  $I = 2$  А;  $U_3 = 2$  В.



#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком ( $\epsilon = 3$ ). На пластинах разность потенциалов  $\Delta\phi = 4$  кВ. Расстояние между пластинами 5 мм. Найти поверхностную плотность поляризационных зарядов.

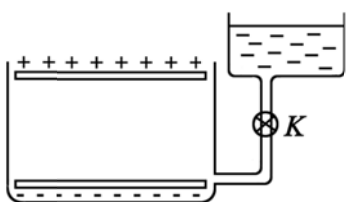
Ответ:  $7,1 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.6. Плоский конденсатор имеет емкость 300 пФ. Какова будет емкость конденсатора, если ввести между обкладками параллельно им алюминиевый лист, толщина которого равна 1/4 расстояния между обкладками? Как влияет на результат на положение листа? Ответ обосновать.

Ответ: 400 пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



6.6. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов  $\mathcal{E}$  и отсоединен от источника. Площадь пластин  $S$ , расстояние  $d$ . Открывают кран  $K$  и заполняют жидким диэлектриком пространство между пластинами. Как изменяется электрическая энергия конденсатора? Какие явления сопровождают

заполнение пространства диэлектриком? Ответ обосновать.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.6. С помощью гальванометра с чувствительностью  $i_0 = 10$  мкА/дел (т.е.  $i_0$  – сила тока, соответствующая одному делению шкалы гальванометра) необходимо измерить сопротивление цепи, работающей от сети с напряжением  $U = 220$  В. Как следует включить гальванометр, чтобы с его помощью измерять сопротивление цепи? Укажите, как определяется сопротивление  $R_k$ , соответствующее данному показанию по шкале гальванометра, где  $k$  – номер деления шкалы. Какое наименьшее сопротивление цепи можно измерить таким гальванометром, если его шкала имеет  $n = 50$  делений? (Внутренним сопротивлением прибора пренебречь).

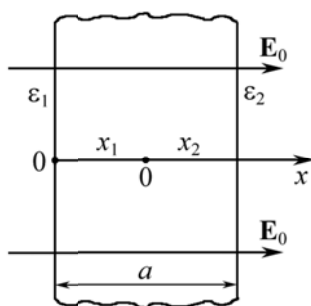
Ответ:  $R_k = \frac{U}{k \cdot i_0}$ ;  $R_{\min} = \frac{U}{i_0 \cdot n} = 0,44$  МОм.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.6. В схеме мостика Уитстона известны сопротивления  $R_1 = 30$  Ом,  $R_2 = 45$  Ом и  $R_3 = 200$  Ом. Определите токи в отдельных ветвях мостика Уитстона при условии, что ток через гальванометр в диагонали моста отсутствует ( $I_G = 0$ ), а ЭДС элемента  $\mathcal{E} = 2$  В. Определите также мощности, выделяющиеся на каждом из сопротивлений.

Ответ:  $I_1 = I_2 = 26,7$  мА;  $I_3 = I_4 = 4$  мА.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ



4.7. Бесконечная пластина из изотропного диэлектрика помещена в перпендикулярное к ней однородное внешнее поле напряженностью  $E_0 = 100$  кВ/м (см. рисунок). Проницаемость изменяется линейно от значения  $\epsilon_1 = 2$  на левой границе до  $\epsilon_2 = 7$  на правой границе. Вне пластины  $\epsilon = 1$ . Найти вектор  $\mathbf{E}$  через воображаемую цилиндрическую поверхность с образующими, параллельными оси  $x$ , основания

цилиндра расположены на границах пластины в точках  $x_1 = -a/2$  и  $x_2 = +a/2$ , площадь основания равна  $1 \text{ см}^2$ . Ответ:

$$\Phi_E = SE_0 \left[ \frac{2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} - 1 \right].$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.7. Найти емкость системы конденсаторов между точками  $A$  и  $B$ , которая показана

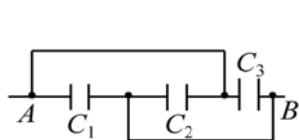


Рис. 1

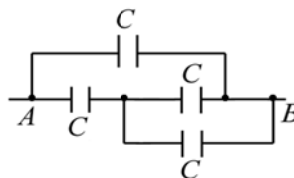


Рис. 2

на рис. 1 и 2.

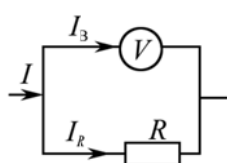
Ответ: 1)  $C = C_1 + C_2 + C_3$ ; 2)  $C_{\text{общ}} = C$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.7. Внутри плоского конденсатора с площадью пластин  $S = 200 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $1,0$  мм находится диэлектрик ( $\epsilon = 5$ ), полностью заполняющий пространство. Как изменится энергия конденсатора, если удалить стеклянную пластинку? Решить задачу в двух случаях: 1) конденсатор присоединен к источнику  $\mathcal{E} = 300$  В; 2) пластина была удалена после того, как конденсатор зарядили и отсоединили от батареи. Результат объяснить.

Ответ: 1)  $-31,8 \cdot 10^{-6}$  Дж; 2)  $159 \cdot 10^{-6}$  Дж.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.7. Вольтметр с внутренним сопротивлением  $R_B = 0,2$  кОм подключен к участку цепи с сопротивлением  $R = 25$  Ом, при этом напряжение на вольтметре  $U_B = 200$  В. Оцените погрешность  $\Delta U$  в показаниях вольтметра, а также относительную погрешность  $\Delta U/U$ , полагая, что ток  $I$  остается

неизменным.

$$\text{Ответ: } \Delta U = \frac{U_B \cdot R}{R_B} = 25 \text{ В}; \quad \frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta U}{U_B \left(1 + \frac{R}{R_B}\right)} \approx 0,11.$$

**8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН  
ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО  
ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА**

**8.7.** Определите сопротивление  $r$  подводящих проводов от источника напряжением  $U = 120$  В с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, если при коротком замыкании предохранитель из свинцовой проволоки площадью поперечного сечения  $S = 1$  мм<sup>2</sup> и длиной  $l = 2$  см плавится за время  $\Delta t = 0,03$  с. Начальная температура предохранителя  $t_0 = 27$  °С. Принять для свинца: удельное сопротивление  $\rho = 21 \cdot 10^{-8}$  Ом·м; плотность  $d = 11400$  кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость  $C_{уд} = 0,13$  кДж/(кг·К); удельная теплота плавления  $\lambda = 25$  кДж/кг; температура плавления  $t_{пл} = 327$  °С.

Ответ:  $r = 0,35$  Ом.



#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.8. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом. Расстояние между пластинами равно 4 мм. На пластины подано напряжение  $\Delta\varphi = 1200$  В. Найти электрическое поле в стекле.

Ответ: 300 кВ/м.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.8. Длинный прямой провод расположен параллельно безграничной проводящей плоскости. Радиус сечения провода равен  $a$ , расстояние между осью провода и проводящей плоскостью  $b$ . Найти взаимную емкость системы на единицу длины провода при условии  $a \ll b$ .

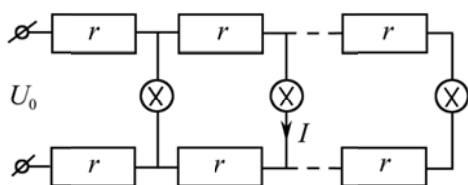
Ответ:  $C = 2\pi\epsilon_0 / \ln(b/a)$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.8. Определить работу, которую нужно затратить, чтобы увеличить на  $\Delta x = 0,2$  мм расстояние  $x$  между пластинами плоского конденсатора, заряженными зарядами  $q_+ = q_- = 0,2$  мкКл. Площадь каждой пластины  $S = 400$  см<sup>2</sup>. Диэлектрик воздух.

Ответ: 11,3 мкДж.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.8. Линия из  $N = 5$  ламп, соединенных между собой одинаковыми проводниками, сопротивление каждого из которых равно  $r = 0,5$  Ом, подсоединена к источнику тока, напряжение которого  $U_0 = 120$  В. Полагая, что в результате нагрева нити ток  $I$ , потребляемый

каждой лампой, не зависит от напряжения на ней и равен  $0,3$  А, определите сопротивление провода  $r$ , при котором напряжение на последней лампе будет составлять  $U_N = U_5 = 0,8U_0$ .

Ответ:  $r = \frac{0,2U_0}{2I \sum_{n=1}^{n=N}} = \frac{0,2U_0}{I \cdot N(N+1)} = 2,67$  Ом.

(где  $n$  – номер лампы, отсчитываемый от последней лампы).

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.8. В схеме, предложенной на рисунке, сопротивления участков  $R_1 = 50$  Ом,  $R_2 = 15$  Ом и  $R_3 = 10$  Ом, а э.д.с. элементов  $\mathcal{E}_1 = 2,5$  В и  $\mathcal{E}_2 = 2$  В. Определите токи во всех участках цепи, а также мощности, выделяющиеся на каждом из сопротивлений.

Ответ:  $I_1 = 0,044$  А;  $I_2 = 0,015$  А;  $I_3 = 0,029$  А.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.9. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено маслом. Расстояние между пластинами равно 1 мм. Поверхностная плотность поляризационных зарядов  $\sigma_{\text{пол}} = 6,2 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>. Найти разность потенциалов на пластинах конденсатора.

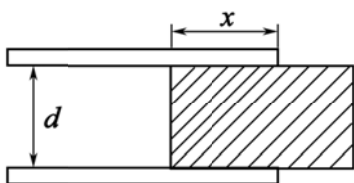
Ответ: 1750 В.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.9. Металлический шар радиусом 5 см окружен шаровым слоем диэлектрика ( $\epsilon = 7$ ) толщиной 1 см и помещен концентрично в металлической сфере с внутренним радиусом 7 см. Чему равна емкость такого конденсатора?

Ответ:  $\sim 39$  пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



6.9. Две прямоугольные пластинки длиной  $L$  шириной  $b$  расположены параллельно друг другу на расстоянии  $d$ . Пластины подключили к источнику  $\mathcal{E}$  и затем отключили. В пространство между пластинами вдвинули диэлектрик  $\epsilon$ . Определите силу,

действующую на диэлектрик со стороны поля.

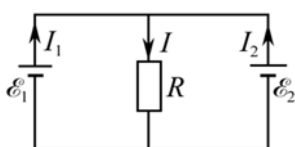
$$\text{Ответ: } F = \frac{\epsilon_0 (\epsilon - 1) b \mathcal{E}^2}{2d}.$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.9. До какой температуры  $T$  нагрелась обмотка электромагнита, выполненная из медной проволоки, если ее сопротивление  $R$  после длительной работы стало равным 1,8 Ом? Сопротивление  $R_0$  обмотки при 0 °С было равно 1,5 Ом, а температурный коэффициент сопротивления меди  $\alpha = 0,0043$  К<sup>-1</sup>.

Ответ:  $T \approx 319,5$  К.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА



8.9. Два источника тока с одинаковыми ЭДС  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 4$  В и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r_1 = r_2 = 0,5$  Ом включены в цепь так, как показано на рисунке. Определите сопротивление  $R$ , ток  $I$ , текущий через это сопротивление, и выделяющуюся на нем мощность  $P$ , а

также ток  $I_1$ , текущий через элемент с ЭДС  $\mathcal{E}_1$ , если ток, текущий через элемент с ЭДС  $\mathcal{E}_2$ ,  $I_2 = 2$  А.

Ответ:  $R = 0,75$  Ом;  $I = 4$  А;  $P = 12$  Вт;  $I_1 = 2$  А.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.10. Между пластинами конденсатора площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  находится стекло ( $\varepsilon = 7$ ). Пластины притягиваются друг к другу с силой, равной 4,9 мН. Найти поверхностную плотность связанных зарядов  $\sigma_{\text{пол}}$ .

Ответ:  $6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.10. Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиус внутренней сферы  $R_1 = 10 \text{ см}$ , внешней –  $R_2 = 10,2 \text{ см}$ . Определить разность потенциалов, если внутренней сфере сообщен заряд  $q = 9 \text{ мкКл}$ , а пространство заполнено диэлектриком  $\varepsilon = 2,0$ .

Ответ: 4500 В.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.10. Параллельно соединенные одинаковые конденсаторы ( $N = 5$ ) емкостью 0,1 мкФ заряжаются до общей разности потенциалов  $\Delta\varphi = 30 \text{ кВ}$ . Определить среднюю мощность разряда, если батарея разряжается за  $\tau = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ . Остаточное напряжение после разряда равно 0,5 кВ.

Ответ:  $1,5 \cdot 10^8 \text{ Вт}$ .

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.10. Через поперечное сечение медного проводника диаметром  $d = 2 \text{ мм}$  за время  $t = 2 \text{ мин}$  был перенесен заряд  $q = 1 \text{ Кл}$ . Определите напряженность электрического поля в проводнике, если удельное сопротивление меди (при  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Ответ:  $E = \frac{4q\rho}{\pi d^2 t} = 45,6 \text{ мкВ/м}$ .

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.10. Источник тока с внутренним сопротивлением  $r = 0,04 \text{ Ом}$  при токе  $I_1 = 2 \text{ А}$  отдает во внешнюю цепь мощность  $P_1 = 6 \text{ Вт}$ . Какая мощность  $P_2$  выделяется во внешней цепи при токе  $I_2 = 3 \text{ А}$ ?

Ответ:  $P_2 = \frac{P_1 I_2 - I_1 I_2 \cdot r (I_2 - I_1)}{I_1} = 8,9 \text{ Вт}$ .

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.11. Пластины плоского конденсатора, расстояние между которыми равно  $d = 3$  см, находятся под напряжением 1 кВ. Найти поверхностную плотность поляризационных зарядов, если пространство между пластинами заполнено стеклом ( $\varepsilon = 7$ ).

Ответ:  $17,7 \text{ мкКл/м}^2$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.11. Шар радиусом  $R_1 = 6$  см заряжен до потенциала 300 В, а шар радиусом  $R_2$  – до потенциала 500 В. Определить потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводником.

Ответ:  $\varphi = \frac{R_1 \cdot \varphi_1 + R_2 \cdot \varphi_2}{R_1 + R_2} = 380 \text{ В}$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.11. Внешняя оболочка сферического конденсатора может сжиматься, строго сохраняя сферическую форму и оставаясь концентричной с внутренней жесткой обкладкой. После того как обкладкам сообщили заряды  $q_+ = q_- = 2 \text{ мкКл}$ , внешняя оболочка начинает сжиматься под действием электрических сил от значения  $r_1 = 10$  см до  $r_2 = 9,5$  см. Найти совершенную работу. За счет чего совершена работа?

Ответ: 9 мДж.

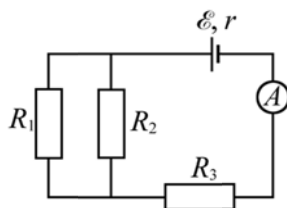
#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.11. Используя положения классической электронной теории электропроводности металлов, оцените среднее время свободного пробега  $\langle \tau \rangle$  для электронов, если концентрация электронов проводимости в металлах  $n \approx 10^{28} \text{ м}^{-3}$ , а удельное сопротивление, например для меди,  $\rho = 0,017 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ .

Ответ:  $\langle \tau \rangle = \frac{m_e \cdot \sigma}{n \cdot q_e^2} = \frac{m_e}{\rho \cdot n \cdot q_e^2} \approx 0,2 \text{ пс}$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.11. К источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 240 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$  подключено сопротивление нагрузки  $R = 23 \text{ Ом}$ . Определите мощность, выделяющуюся на сопротивлении нагрузки  $P$ , полную мощность  $P_0$  и КПД  $\eta$  источника.



Ответ:  $P = 2,3 \text{ кВт}$ ;  $P_0 = 2,4 \text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,96$ .

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.12. Диэлектрическое тело заряжено однородно с объемной плотностью  $\rho_0 = 1$  мкКл/м<sup>3</sup>. Какова будет объемная плотность заряда  $\rho$ , если тело привести в движение со скоростью  $v = 0,5c$ , где  $c$  – скорость света в вакууме?

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.12. Определить емкость системы, состоящей из двух концентрических сфер радиусами  $r$  и  $R$ , пространство между которыми наполовину залито жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Искривлением полей на границах пренебречь.

$$\text{Ответ: } C = \frac{2\pi\epsilon_0(\epsilon+1)rR}{R-r}.$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.12. Имеется заряженный плоский конденсатор. Пространство между обкладками конденсатора заполняется диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon$ . Что происходит с объемной плотностью энергии в зазоре между пластинами, если конденсатор: а) отключен от источника; б) соединен с источником?

Ответ: а) уменьшается в  $\epsilon$  раз; б) увеличивается в  $\epsilon$  раз.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.12. Используя выражение для удельной электрической проводимости металлов согласно квантовой теории, оцените величину  $\langle\lambda\rangle$ , играющую роль среднего свободного пробега электрона, для серебра (по оценке эта величина составляет сотни межузельных расстояний в решетке). Считать известными: заряд электрона  $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл; массу электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг; скорость электрона, находящегося на верхнем занятом энергетическом уровне для серебра  $U_0 = 1,4 \cdot 10^6$  м/с; плотность электронного газа  $n = 10^{28}$  1/м<sup>3</sup>; удельное сопротивление серебра (при  $t = 20$  °С)  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

$$\text{Ответ: } \langle\lambda\rangle = \frac{m_e U_0}{q_e^2 \cdot \rho \cdot n} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.12. На сопротивлении  $R_1 = 25$  Ом в схеме выделяется мощность  $P_1 = 16$  Вт. Определите, какой ток  $I$  показывает амперметр, если ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В, внутреннее сопротивление источника  $r = 2$  Ом, а сопротивление  $R_3 = 78$  Ом.

Ответ:  $I = 1$  А.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.13. Внутри шара из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon = 5$  создано однородное электрическое поле напряженностью  $E = 100$  В/м. Найти поверхностную плотность поляризационных зарядов.

Ответ:  $\sigma_{\text{пол}} = 3,54$  нКл/м<sup>2</sup>.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.13. Оцените емкость тонкого уединенного проводящего диска радиусом  $R = 0,10$  м.

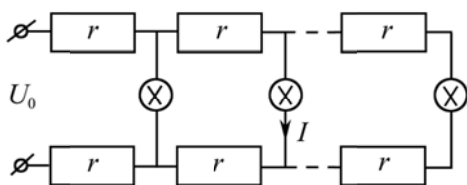
Ответ: 11 пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.13. Точечный заряд  $q$  находится на расстоянии  $l$  от безграничной проводящей плоскости. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно удалить этот заряд на очень большое расстояние от плоскости?

Ответ:  $A = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 l}$ .

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.13. Линия из  $N = 5$  ламп, соединенных между собой одинаковыми проводниками, сопротивление каждого из которых равно  $r = 0,5$  Ом, подсоединена к источнику тока, напряжение которого  $U_0 = 120$  В. Полагая, что в результате нагрева нити ток  $I$ , потребляемый

каждой лампой, не зависит от напряжения на ней и равен  $0,3$  А, определите сопротивление провода  $r$ , при котором напряжение на последней лампе будет составлять  $U_N = U_5 = 0,8U_0$ .

Ответ:  $r = \frac{0,2U_0}{2I \sum_{n=1}^{n=N} n} = \frac{0,2U_0}{I \cdot N(N+1)} = 2,67$  Ом.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.13. Какую наибольшую мощность  $P_{\text{max}}$  можно получить в цепи, подсоединенной к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В, если сила тока короткого замыкания  $I_{\text{к.з.}} = 5$  А?

Ответ:  $P_{\text{max}} = 15$  Вт.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.14. В воде электрическое поле напряженности  $E = 1000$  кВ/м создает поляризацию, эквивалентную правильной ориентации только одной из  $N$  молекул. Найти  $N$ , если дипольный момент молекул воды  $p = 6,2 \cdot 10^{-30}$  Кл·м.

$$\text{Ответ: } N = \frac{n_0 p}{(\epsilon - 1)\epsilon_0 E} = 3 \cdot 10^3,$$

$n_0$  – концентрация молекул воды при нормальных условиях

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.14. Два длинных провода радиусом  $a = 1$  мм расположены в воздухе параллельно друг другу. Расстояние между их осями  $b = 200$  мм. Найти емкость  $C$ , приходящуюся на единицу их длины.

Ответ: 5,2 пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.14. Сферическую оболочку радиуса  $R_1 = 8$  мм, равномерно заряженную зарядом  $q = 10^{-8}$  Кл, расширили до радиуса  $R_2 = 10$  мм. Найти работу, совершенную электрическими силами. Полученный результат согласуется с законом сохранения энергии? Каким образом?

$$\text{Ответ: } \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 51,75 \text{ мкДж.}$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.14. Определите в цепи, представленной на рисунке, сопротивление  $R_{ab}$  между точками  $a$  и  $b$ , если  $R_1 = R_5 = 10$  Ом, а  $R_2 = R_3 = R_4 = 5$  Ом. (При решении используйте симметрию ветвей около точек  $a$  и  $b$ , принимая во внимание заданные значения сопротивлений).

Ответ:  $R_{ab} = 7$  Ом.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.14. Э.д.с. батареи  $\mathcal{E} = 10$  В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея,  $I_{\max} = 5$  А. Определите максимальную мощность  $P_{\max}$ , которая может быть получена во внешней цепи.

Ответ:  $P_{\max} = 12,5$  Вт.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.15. В точке  $C$  на границе стекло – вакуум напряженность электрического поля в вакууме  $E_0 = 10$  В/м. Электрическое поле направлено так, что между векторами  $E_0$  и  $n$  угол  $\alpha = 30^\circ$ . Найти напряженность поля в стекле.

$$\text{Ответ: } E = \frac{E_0}{\varepsilon} \sqrt{\cos^2 \alpha + \varepsilon^2 \sin^2 \alpha} = 5,2 \text{ В/м.}$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.15. Газоразрядный счетчик элементарных частиц состоит из трубки радиусом  $r_2 = 10$  мм и натянутой по оси трубки нити радиусом  $r_1 = 50$  мкм. Длина счетчика  $L = 150$  мм. Найти емкость счетчика.

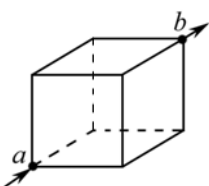
Ответ: 1,6 пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.15. Пластины из диэлектрика толщиной  $d = 2$  мм и площадью  $S = 300$  см<sup>2</sup> поместили в однородное электрическое поле напряженностью  $E = 1000$  В/м. Найти энергию электрического поля, сосредоточенную в пластине.

$$\text{Ответ: } U = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{E^2}{\varepsilon} Sd = 88,5 \text{ пДж.}$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.15. Проволочный куб составлен из проводников. Сопротивление  $R_0$  каждого проводника, составляющего ребро куба, равно 12 Ом. Определите сопротивление  $R$  этого куба, если он включен в электрическую цепь так, как показано на рисунке.

Ответ:  $R = (5/6)R_0 = 10$  Ом.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.15. Какое напряжение  $U_1$  должен иметь генератор, чтобы при передаче по линии с сопротивлением  $R = 200$  Ом мощности  $P_1 = 30$  кВт от генератора к потребителю потери мощности не превышали  $\delta = 5\%$  передаваемой мощности?

Ответ:  $U_1 \approx 11$  кВ.



#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.16. Внутри шара, заряженного с постоянной  $\rho = 3 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>3</sup>, имеется сферическая полость, в которой заряды отсутствуют. Центр полости смещен относительно центра шара на расстояние  $a = 1$  см. Найти напряженность внутри полости, если  $\varepsilon = 2$ .

$$\text{Ответ: } E = \frac{\rho a}{3\varepsilon\varepsilon_0} = 0,56 \text{ кВ/м.}$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.16. Цилиндрический конденсатор с радиусами обкладок  $R_1$  и  $R_2$  наполовину заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 3$ . Оставшаяся часть – воздух. Расстоянием поля вблизи краев и на границе пренебречь. Длина обкладок  $l = 50$  см,  $R_1 = 3$  мм,  $R_2 = 5$  мм. Найти емкость конденсатора.

$$\text{Ответ: } C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln(R_2/R_1)(\varepsilon+1)} = 40 \text{ пФ.}$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.16. Две плоские пластины площадью  $0,03$  м<sup>2</sup> каждая зарядили от источника постоянного напряжения, отключили и раздвинули на некоторое расстояние, совершив при этом работу  $100$  мкДж. На какое расстояние раздвинули пластины, если диэлектрик – воздух?

$$\text{Ответ: } \Delta x = 5 \text{ см.}$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.16. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от значения  $I_0 = 0$  до  $I_1 = 5$  А в течение  $5$  с. Определите заряд  $q$ , прошедший через поперечное сечение проводника за это время.

$$\text{Ответ: } q = 12,5 \text{ Кл.}$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.16. На вход линии электропередачи от генератора передается некоторая мощность при напряжении  $U_1 = 9$  кВ, при этом КПД линии передачи равен  $\eta_1 = 70$  %. Каким нужно сделать напряжение  $U_2$  на линии, чтобы повысить ее КПД до значения  $\eta_2 = 80$  % при сохранении неизменной мощности на полезной нагрузке?

$$\text{Ответ: } U_2 = U_1 \sqrt{\frac{\eta_2(1-\eta_1)}{\eta_1(1-\eta_2)}} = 11,7 \text{ кВ.}$$

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.17. Внутри шара из однородного изотропного диэлектрика с  $\varepsilon = 5$  создано однородное электрическое поле  $E = 200$  В/м. Найти максимальную плотность поляризационных зарядов  $\sigma_{\text{пол}}$ .

$$\text{Ответ: } \sigma_{\text{пол}} = (\varepsilon - 1) \varepsilon_0 E = 7 \text{ нКл/м}^2.$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.17. Радиусы обкладок сферического конденсатора  $r_1 = 9$  см и  $r_2 = 11$  см. Зазор между обкладками заполнен диэлектриком, проницаемость которого изменяется с расстоянием  $r$  от центра конденсатора по закону  $\varepsilon = \varepsilon_1 (r_1 / r)$ , где  $\varepsilon_1 = 2$ . Найти емкость конденсатора.

$$\text{Ответ: } C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_1 r_1}{\ln(r_2 / r_1)} = 100 \text{ пФ.}$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.17. Потенциал уединенной заряженной сферы равен 3000 В, емкость  $C = 10$  пФ. Определить энергию поля, заключенного в сферическом слое, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в три раза больше радиуса сферы.

$$\text{Ответ: } 30 \text{ мкДж.}$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.17. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивление вольтметра  $R_B = 5$  кОм, а сопротивление амперметра  $R_A = 2$  Ом. Определите погрешность, допускаемую при измерении с помощью данной схемы сопротивления  $R = 1$  кОм.

$$\text{Ответ: } \delta = 0,2 \text{ \%}.$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.17. В момент времени, принятый за начало отсчета, сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 2$  Ом равна нулю, а затем равномерно возрастает. Количество теплоты  $Q$ , выделившееся в проводнике за время  $\tau = 10$  с, равно 300 Дж. Определите количество электричества  $\Delta q$ , протекшее за это время по проводнику.

$$\text{Ответ: } \Delta q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3Q\tau}{R}} = 33,5 \text{ Кл.}$$

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.18. Модуль поляризации в некоторой точке изотропного диэлектрика ( $\epsilon = 7$ ) равен  $1,2 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>. Найти модуль вектора электрического смещения в этой точке.

Ответ:  $D = 1,4 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup>.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.18. Площадь каждой обкладки плоского конденсатора  $S = 1$  м<sup>2</sup>, расстояние между обкладками  $d = 5$  мм. Зазор между обкладками заполнен двухслойным диэлектриком,  $\epsilon_1 = 2,0$ ,  $\epsilon_2 = 3,0$ ,  $d_1 = 3$  мм,  $d_2 = 2$  мм. Найти емкость  $C$  конденсатора.

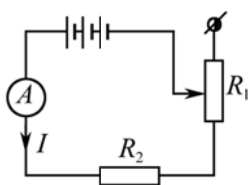
Ответ: 4,1 нФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.18. Уединенный заряженный металлический шар радиусом  $R = 6$  см находится в вакууме. Некоторая воображаемая поверхность делит пространство на две части (внутренняя и внешняя бесконечная) так, что энергии электрического поля обеих частей одинаковы. Найти радиус этой поверхности.

Ответ: 12 см.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.18. Амперметр и реостаты с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно и подключены к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 20$  В. При выведенном реостате  $R_1$  амперметр показывает ток  $I_1 = 8$  А, а при введенном реостате  $R_1$  ток  $I_2 = 5$  А. Определите сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  реостатов и падения потенциала  $U_1$  и  $U_2$  на них, когда реостат  $R_1$  полностью включен.

на них, когда реостат  $R_1$  полностью включен.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.18. В медном проводнике объемом  $V = 10$  см<sup>3</sup> при прохождении по нему постоянного тока за время  $\tau = 1$  мин выделилось количество теплоты  $Q = 250$  Дж. Определите напряженность  $E$  электрического поля в этом проводнике. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

Ответ:  $E = \sqrt{\frac{\rho \cdot Q}{\tau \cdot V}} = 0,084$  В/м.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

**4.19.** Суммарный поляризационный заряд на поверхности диэлектрика ( $\epsilon = 5$ ) равен  $7 \cdot 10^{-10}$  Кл. Найти величину точечного заряда  $q$ , который, находясь вблизи поверхности рассматриваемого диэлектрика, создает поляризационный заряд данной величины.

Ответ:  $q = 1$  нКл.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

**5.19.** Расстояние между пластинами плоского конденсатора  $1,3$  мм, площадь пластин  $S = 40$  см<sup>2</sup>. В пространстве между пластинами находится два слоя диэлектриков:  $\epsilon_1 = 7$ ,  $d_1 = 0,7$  мм,  $\epsilon_2 = 3$ ,  $d_2 = 0,3$  мм. Найти емкость конденсатора.

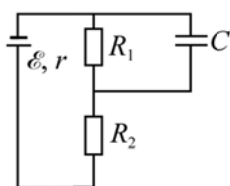
Ответ:  $35,4$  пФ.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

**6.19.** Заряд  $q = 0,10$  нКл равномерно распределен по поверхности шара радиусом  $r = 1$  см. Вычислить энергию поля, связанного с шаром ( $\epsilon = 1$ ), а также ту часть  $\eta$  энергии, которая заключена в пределах концентрической с шаром воображаемой сферы радиусом  $R = 1$  м. Чему равен радиус  $R_n$  сферы, в пределах которой заключена половина энергии?

Ответ:  $U_1 = 4,5$  нДж;  $\eta = 0,99$ ;  $R_n = 2$  см

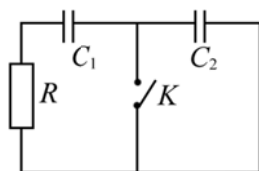
#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



**7.19.** В приведенной схеме  $R_1 = R_2 = r$ , где  $r$  – внутреннее сопротивление источника э.д.с; расстояние между пластинами конденсатора  $d = 4$  мм. Определите, какой должна быть ЭДС батареи в данной схеме, чтобы напряженность поля в плоском конденсаторе  $C$  была равна  $3$  кВ/м.

Ответ:  $\mathcal{E} = 36$  В.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА



конденсатора

**8.19.** Конденсатор емкостью  $C_1 = 2$  мкФ разряжается через резистор сопротивлением  $R = 100$  Ом. В тот момент, когда сила тока разряда достигает значения  $I_0 = 0,1$  А, ключ  $K$  размыкают. Определите количество теплоты  $Q$ , которое выделяется на резисторе начиная с этого момента. Емкость конденсатора  $C_2 = 1$  мкФ.

Ответ:  $Q = \frac{(I_0 R)^2 C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)} = 33$  мкДж.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.20. Поверхностная плотность поляризационных зарядов на диэлектрике ( $\varepsilon = 3$ ), расположенном между пластинками плоского конденсатора,  $\sigma_{\text{пол}} = 7,1 \cdot 10^{-6}$  Кл/м. Расстояние между пластинами 5 мм. Чему равна разность потенциалов внешнего поля?

Ответ: 4000 В.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5.20. Определить диэлектрическую проницаемость однородного диэлектрика, окружающего уединенный шаровой проводник радиусом  $R_1$ . Толщина слоя  $d = 2$  см,  $R_1 = 3$  см. Емкость системы равна  $C_0 = 4$  пФ.

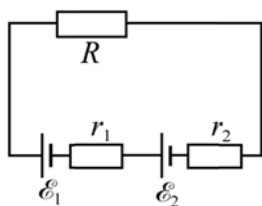
Ответ:  $\varepsilon = 1,7$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.20. Первоначально заряд  $q = 0,1$  нКл распределяется равномерно по объему шара радиусом  $r = 10$  мм. Затем вследствие взаимного отталкивания заряды переходят на поверхность шара. Какую работу  $A$  совершают при этом электрические силы над зарядами ( $\varepsilon = 1$ )?

Ответ:  $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{10r} = 0,9$  нДж.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.20. Два последовательно соединенных элемента с одинаковыми ЭДС  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 0,5$  Ом и  $r_2 = 1$  Ом замкнуты на внешнее сопротивление  $R = 1$  Ом. Определите разность потенциалов  $U$  на зажимах каждого элемента. Определите также (в общем виде), при каком соотношении между величинами  $r_1, r_2, R$  разность потенциалов на зажимах одного из элементов будет равна нулю.

Ответ:  $U_1 = 0,6$  В;  $U_2 = 0,2$  В.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.20. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 200$  Ом равномерно возрастает от  $I_0 = 1$  А до  $I_{\text{max}} = 11$  А в течение времени  $\tau = 20$  с. Определите количество теплоты  $Q$ , выделившееся за это время в проводнике.

Ответ:  $Q \approx 177,3$  кДж.

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.21. Длинный диэлектрический цилиндр круглого сечения поляризован так, что вектор  $\mathbf{P} = \alpha \mathbf{r}$ , где  $\alpha$  – положительная постоянная;  $\mathbf{r}$  – расстояние от оси. Найти объемную плотность  $\rho_{\text{пол}}$  поляризационных зарядов как функцию расстояния  $r$  от оси.

Ответ:  $\rho_{\text{пол}} = -2\alpha$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

5

5.21. Определить диэлектрическую проницаемость среды, в которой находятся два металлических шарика радиусом  $a = 10$  мм каждый. Емкость системы равна 1,1 пФ. Расстояние между шариками  $L \gg a$ .

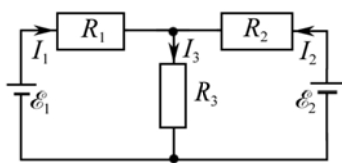
Ответ:  $\varepsilon = 2$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.21. Диэлектрический шар ( $\varepsilon = 3$ ) равномерно заряжен по объему. Во сколько раз энергия электрического поля вне шара больше энергии, заключенной в шаре?

Ответ. в 15 раз.

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА



7.21. При замыкании элемента на сопротивление  $R_1 = 2,5$  Ом сила тока в цепи  $I_1 = 0,5$  А, а при замыкании на сопротивление  $R_2 = 2$  Ом сила тока  $I_2 = 0,6$  А. Определите силу тока короткого замыкания  $I_{\text{к.з.}}$ .

Ответ:  $I_{\text{к.з.}} = 3$  А.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.21. Какой объем воды можно вскипятить, затратив электрическую энергию  $W = 5$  кВт·ч, если начальная температура воды  $t_0 = 20$  °С, а КПД нагревателя  $\eta = 90$  %? Удельная теплоемкость воды  $C = 4190$  Дж/(кг·К), плотность воды  $d = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ:  $V = \frac{\eta \cdot W}{C \cdot d \cdot \Delta t} = 0,048 \text{ м}^3$ .

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.22. Бесконечно длинный диэлектрический цилиндр круглого сечения поляризован однородно и статически, причем вектор поляризации  $\mathbf{P}$  перпендикулярен оси цилиндра. Найти напряженность  $\mathbf{E}$  электрического поля в диэлектрике.

$$\text{Ответ: } \mathbf{E} = -\frac{1}{2\varepsilon_0} \mathbf{P}.$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

##### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

5.22. На два последовательно соединенных конденсатора с емкостью  $C_1 = 100$  пФ и  $C_2 = 200$  пФ подано постоянное напряжение 300 В. Какова емкость этой системы? Каков заряд  $q$  на обкладках? Определите напряжение  $U_1$  и  $U_2$ .

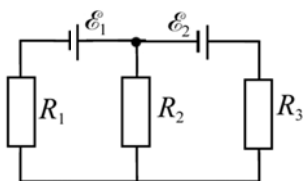
$$\text{Ответ: } C = 67 \text{ пФ}, q = 20 \text{ нКл}, U_1 = 200 \text{ В}, U_2 = 100 \text{ В}.$$

6.22. При параллельном соединении двух конденсаторов, незаряженного  $C_1 = 440$  пФ и заряженного до 1500 В емкостью 666 пФ, проскакивает искра. Какое количество энергии израсходовано на искру?

$$\text{Ответ: } 0,3 \text{ мДж}.$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.22. Два источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 4$  В и  $\mathcal{E}_2 = 3$  В включены в цепь так, как показано на рисунке. Определите силу тока  $I_2$  в сопротивлении  $R_2$ , если  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом, а внутренними сопротивлениями источников можно пренебречь.



$$\text{Ответ: } I_2 = 0.$$

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.22. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 12$  Ом равномерно убывает от  $I_0 = 5$  А до  $I = 0$  в течение времени  $\tau = 10$  с. Какое количество теплоты  $Q$  выделится в этом проводнике за данный промежуток времени? Определите среднюю силу тока  $\langle I \rangle$  в проводнике за указанный промежуток времени, используя полученное значение  $Q$ .

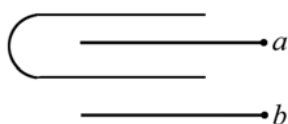
$$\text{Ответ: } Q = 10^3 \text{ Дж}; \langle I \rangle = 2,89 \text{ А}.$$

#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.23. Разность потенциалов между пластинами конденсатора, опущенного в масло ( $\varepsilon = 2$ ), равна 1750 В. Расстояние между пластинами 1 см. Определить поверхностную плотность зарядов на масле.

Ответ:  $\sigma_{\text{пол}} = 6,2 \cdot 10^{-10}$  Кл/см<sup>2</sup>.

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ



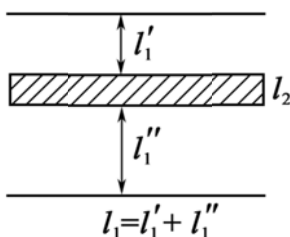
5.23. Четыре одинаковые металлические пластины расположены в воздухе на одинаковом расстоянии  $d$  друг от друга. Площадь каждой пластины равна  $S$ . Найти емкость системы между точками  $a$  и  $b$ , если пластины соединены так, как показано на рисунке.

Ответ:  $C = \frac{2\varepsilon_0 S}{3d}$ .

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6.23. Конденсаторы емкостью  $C_1 = 1$  мкФ,  $C_2 = 2$  мкФ,  $C_3 = 3$  мкФ включены в цепь с напряжением  $\Delta\varphi = 1100$  В. Определить энергию каждого конденсатора в случае их последовательного и параллельного включения.

Ответ: 0,18; 0,09; 0,06 – последовательно;  
0,605; 1,21; 1,815 – параллельно.

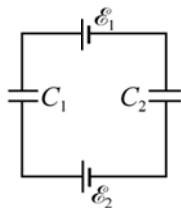


#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

7.23. Схема, предложенная на рисунке, содержит источники тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 1,4$  В и  $\mathcal{E}_2 = 3,6$  В и сопротивлениями  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом и  $R_3 = 3$  Ом.

Пренебрегая сопротивлениями источников тока, определите ток в ветви с сопротивлением  $R_3$ .

Ответ:  $I_3 = 1$  А.



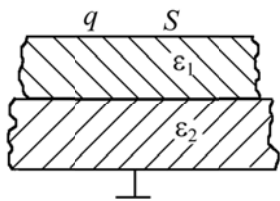
#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

8.23. В электрическом чайнике две секции. При включении одной из них вода в чайнике закипит за 20 мин, при включении другой – за 30 мин. Сколько потребуется времени для кипячения воды при включении в сеть обеих секций: а) последовательно; б) параллельно?

Ответ: а)  $\tau_1 = 50$  мин; б)  $\tau_2 = 12$  мин.



#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

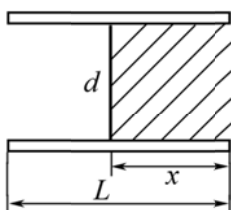


поля в стекле и фарфоре.

**4.24.** Одной из пластин плоского конденсатора площадью  $S = 0,2 \text{ м}^2$  сообщили заряд  $q = 10^{-9} \text{ Кл}$ . Другая пластина соединена с землей (см. рисунок). Между пластинами находится стеклянная ( $\epsilon_1 = 7$ ) и фарфоровая ( $\epsilon_2 = 3$ ) пластинки. Определить напряженности электрического

$$\text{Ответ: } E_1 = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_1 S} = 81 \text{ В; } E_2 = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_2 S} = 188 \text{ В.}$$

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ



**5.24.** Конденсатор с площадью пластин  $S$  заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  так, как показано на рисунке. Длина пластин  $L$ . Найти емкость такой системы.

$$\text{Ответ: } C = \frac{\epsilon_0 S}{dL} [L + (\epsilon - 1)x].$$

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

**6.24.** Диэлектрическая пластина толщиной  $l_2$  (см. рисунок) находится в конденсаторе. Площадь пластин  $S$ , разность потенциалов  $\Delta\phi$ . Найти силу притяжения между пластинами.

$$\text{Ответ: } F = \frac{S}{2} \left( \frac{\Delta\phi \cdot \epsilon}{l_1 \epsilon + l_2} \right)^2.$$

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

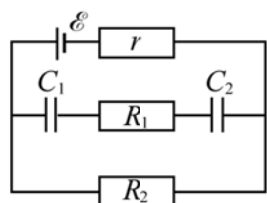
**7.24.** Определите разность потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  на конденсаторах  $C_1 = 2 \text{ мкФ}$  и  $C_2 = 6 \text{ мкФ}$ , если ЭДС источников тока равны соответственно  $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ кВ}$  и  $\mathcal{E}_2 = 11 \text{ кВ}$ .

$$\text{Ответ: } U_1 = \frac{C_2 (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)}{C_1 + C_2} = 15,75 \text{ кВ; } U_2 = \frac{C_1 (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)}{C_1 + C_2} = 5,25 \text{ кВ.}$$

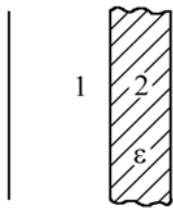
#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

**8.24.** Сила электрического тока изменяется по закону  $i = 0,564 \sin(12,56 t)$ , здесь  $i$  измеряется в амперах. Определите, какое количество теплоты  $Q$  выделится в проводнике с активным сопротивлением  $15 \text{ Ом}$  за время  $\tau = 10 T$ , где  $T$  – период колебаний величины тока.

$$\text{Ответ: } Q = 11,9 \text{ Дж.}$$



#### 4. ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ



**4.25.** Первоначально пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено воздухом. В этом случае напряженность поля равна  $E$ , а электрическое смещение –  $D$ . Затем половину зазора заполнили диэлектриком (см. рисунок). Найти  $E_1$  и  $D_1$ , а также  $E_2$  и  $D_2$ . Напряжение между обкладками остается постоянным.

Ответ:  $E_1 = E_2 = E$ ;  $D_1 = D$ ;  $D_2 = \varepsilon D$ .

#### 5. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ

**5.25.** Найти емкость бесконечной цепи, которая образована повторением одного и того же звена, состоящего из двух одинаковых конденсаторов емкости  $C$ .

Ответ:  $C_{\text{общ}} = \frac{C(\sqrt{5}-1)}{2}$ .

**Примечание.** Поскольку цепь бесконечна, все звенья, начиная со второго, могут быть заменены емкостью  $C_x$ , равной искомой.

#### 6. ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

**6.25.** В цилиндрический конденсатор вводят цилиндрический слой диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$ , заполняющий все пространство между обкладками. Средний радиус обкладок равен  $R$ , зазор между ними  $d \ll R$ . Разность потенциалов  $\Delta\varphi$ . Найти величину силы, втягивающей диэлектрик в конденсатор.

Ответ:  $F = \frac{\pi R \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \Delta\varphi^2}{2}$ .

#### 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЗАКОНЫ КИРХГОФА

**7.25.** В схеме ЭДС источника тока  $\mathcal{E} = 10$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 10$  Ом, сопротивления резисторов соответственно  $R_1 = 1$  кОм и  $R_2 = 2$  кОм. Определите напряжение на конденсаторах с электроемкостями  $C_1 = 2$  мкФ и  $C_2 = 3$  мкФ.

Ответ:  $U_1 = \frac{R_2 C_2 \cdot \mathcal{E}}{(r + R_2)(C_1 + C_2)} = 5,97$  В;  $U_2 = \frac{R_2 C_1 \cdot \mathcal{E}}{(r + R_2)(C_1 + C_2)} = 3,98$  В.

#### 8. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

**8.25.** Сила тока в проводнике равномерно возрастает от значения  $I_0 = 0$  до некоторого максимального значения  $I_{\text{max}}$  в течение времени  $\tau = 20$  с. За это же время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 2 \cdot 10^3$  Дж. Определите скорость возрастания тока в проводнике, если его сопротивление  $R = 5$  Ом.

Ответ:  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{1}{\tau} \sqrt{\frac{3Q}{R\tau}} = 0,39$  А/с.