

Завдання № 1

Плоский конденсатор, у якого відстань між пластинами дорівнює 4мм, занурюється до половини у гас. Діелектрична проникність гасу – 2. Наскільки треба роздвинути пластини конденсатора, щоб його ємність залишалася незмінною?

Розв'язок

До занурення в гас

$$C = \frac{\epsilon_B \epsilon_0 S}{d}$$

Після занурення

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_B \epsilon_0 S}{2d_1} + \frac{\epsilon_K \epsilon_0 S}{2d_1}$$

$$\frac{\epsilon_B \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_B \epsilon_0 S}{2d_1} + \frac{\epsilon_K \epsilon_0 S}{2d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{3}{2}d = 6\text{мм}$$

$$\Delta d = d_1 - d = 2\text{мм}$$

Відповідь : $\Delta d = 2\text{мм}$

Завдання № 2

Який би заряд мав би 1см^3 заліза, якщо б вдалося видалити з нього мільйонну долю електронів, що містяться в ньому?

Розв'язок

$$z = 27$$

$$m = \rho V \Rightarrow N = \frac{m}{A} N_A, \quad A - \text{атомная маса заліза}$$

N_A - число Авогадро

$$q = +n \left(\frac{\rho V}{A} \right) N_A z |q_e|$$

$$q = 3,53 \cdot 10^{-1} \text{ Кл}$$

Відповідь : $q = 3,53 \cdot 10^{-1} \text{ Кл}$

Завдання № 3

Два різноіменних заряди $q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ і $q_2 = -8 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ розташовані на відстані 1м один від одного. Якої величини і де треба помістити заряд q_x , щоб система знаходилася у стані рівноваги?

Розв'язок

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_1'$$

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_2'; \quad F_1 = F_1'; F_2 = F_2'$$

$$k \frac{|q_1||q_2|}{l^2} = k \frac{|q_x||q_1|}{l_x^2}; \quad k \frac{|q_1||q_2|}{l^2} = k|q_x||q_2|, \quad k \frac{|q_1||q_2|}{l^2} = k \frac{|q_x||q_2|}{(l+l_x)^2}$$

$$\frac{|q_2|}{(l+l_x)^2} = \frac{|q_1|}{l_x^2}; \quad |q_2/q_1|l_x^2 = (l+l_x)^2; \Rightarrow l_x = \frac{l}{\sqrt{|q_2/q_1|-1}}; \quad l_x = l = 1\text{м} \Rightarrow q_x = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

Відповідь : $l_x = 1\text{м}, q_x = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$

Завдання № 4

В вершинах квадрату знаходяться однакові за величиною, одноіменні заряди. Визначити величину заряду q_0 , який треба помістити в центр квадрату, щоб система зарядів знаходилася в рівновазі.

Розв'язок

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_4 + \vec{F}_3 + \vec{F}_0 = 0$$

$$F_1 \cos 45^\circ + F_3 \cos 45^\circ + F_4 - F_0 = 0 \quad \text{або}$$

$$k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{2} + k \frac{q^2}{2a^2} - k \frac{2qq_0}{a^2} = 0$$

$$q_0 = \frac{q(1+2\sqrt{2})}{4} = 0,95q$$

Відповідь : $q_0 = 0,95q$

Завдання № 5

Напруженість електричного поля у поверхні Землі дорівнює 130 Н/Кл . Визначити заряд Землі, якщо її радіус 6400 км . Вважати, що Земля має сферичну форму і її заряд рівномірно розподілений по поверхні.

Розв'язок

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$q = 4\pi\epsilon_0 R^2 E$$

$$q = 5,92 \cdot 10^5 \text{ Кл}$$

Відповідь : $q = 5,92 \cdot 10^5 \text{ Кл}$

Завдання № 6

Кільце радіуса r_0 рівномірно заряджено, γ - лінійна густина заряду. Визначити напруженість електричного поля на осі симетрії кільця.

Розв'язок

$$E_1 = \frac{k\gamma\Delta l}{\varepsilon_0 r^2}; \quad r = \sqrt{r_0^2 + x^2}; \quad E_{1x} = k\left(\frac{\gamma\Delta l}{r^2}\right) \cos \alpha; \quad E_{1x} = k\left(\frac{\gamma\Delta l}{3}\right)x;$$

$$E = E_x = k \frac{\gamma 2\pi r_0 x}{r^3} = \frac{\gamma_0 x}{2\varepsilon_0 (r_0^2 + x^2)^{3/2}}$$

Відповідь :

$$E = (\gamma r_0 x) / (2\varepsilon_0 (r_0^2 + x^2)^{3/2})$$

Завдання № 7

Визначити залежність напруженість електричного поля диполя від відстані від нього на осі симетрії диполя.

Розв'язок

$$x = 0; \quad E_1 = \frac{q}{r^2}; \quad r = \sqrt{\frac{l^2}{4} + y^2}; \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2;$$

1) $E = 2E_1 \cos \alpha$, где $\cos \alpha = l/2r \Rightarrow$

$$E(y) = k \frac{ql}{\left(\frac{l^2}{4} + y^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{ql}{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{l^2}{4} + y^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{ql}{4\pi\varepsilon_0 r^3};$$

Відповідь :

$$E = \frac{ql}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

Завдання № 8

Визначити залежність напруженість електричного поля диполя від відстані від нього на осі самого диполя.

Розв'язок

2)

$$E = kq \left(\frac{1}{(x + l/2)^2} - \frac{1}{(x - l/2)^2} \right) = -kq \frac{2lx}{\left(x^2 - l^2/4 \right)^2}; \quad E = \frac{kq \left(\frac{l^2}{4} + x^2 \right)}{\left(\frac{l^2}{4} - x^2 \right)^2}$$

$$E = \frac{kq(l^2/4 + x^2)}{(l^2/4 - x^2)^2}$$

Відповідь :

Завдання № 9

Визначити значення напруженості і потенціалу поля в точці, яка знаходиться на відстані $l = 20$ см від поверхні зарядженої сфери радіусом $R = 10$ см, якщо потенціал сфери дорівнює $\varphi_0 = 240$ В.

Розв'язок

$$E_A = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0(R+l)^2}; \quad q_0 - \text{заряд сфери}$$

$$\varphi_0 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 R}; \quad \varphi_A = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0(R+l)}$$

$$E_A = \frac{\varphi_0 R}{(R+l)^2}; \quad \varphi_A = \frac{\varphi_0 R}{(R+l)}$$

$$E_A = 267 \text{ Н/Кл}; \quad \varphi_A = 80 \text{ В}$$

Відповідь : $E_A = 267 \text{ Н/Кл}$, $\varphi_A = 80 \text{ В}$

Завдання № 10

Н однакових сферичних крапель ртуті заряджені до одного і того ж потенціалу φ_0 . Яким буде потенціал великої краплі, якщо всі краплі об'єднуються в одну?

Розв'язок

$$q = Nq_0 = \frac{Nr_0\varphi_0}{k}$$

$$\varphi = \frac{kq}{R}; \quad \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi r_0^3 N$$

$$R = r_0 \sqrt[3]{N} \Rightarrow \varphi = k \frac{Nr_0\varphi_0}{kr_0^3 \sqrt[3]{N}} = N^{2/3} \varphi_0$$

Відповідь : $\varphi = N^{2/3} \varphi_0$

Завдання № 11

Незаряджену провідну кулю внесли в електричне поле точкового заряду q_0 . Відстань між центром кулі і зарядом r . Визначити потенціал кулі.

Розв'язок

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{\text{інд}} = 0$$

$$\varphi_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + k \frac{\Delta q_1}{R} + k \frac{\Delta q_2}{R} + \dots = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + k \frac{\sum_i \Delta q_i}{R}$$

потенціал кулі дорівнює потенціалу точки, де знаходиться центр кулі

Відповідь : потенціал кулі дорівнює потенціалу точки, де знаходиться центр кулі

Завдання № 12

Визначити ємність повітряного сферичного конденсатора. Радіуси сфер R_1, R_2 .

Розв'язок

$$\varphi_1 = \left(\frac{q}{R_1} - \frac{q}{R_2} \right) \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{R_1} - \frac{q}{R_2} \right) = 0;$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right); C = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

Відповідь : $C = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$

Завдання № 13

Пластины плоского конденсатора підключені до джерела с $E.P.C. = 2 B$. Визначити зміну ємності конденсатора, якщо конденсатор заповнен наполовину діелектриком з діелектричною проникністю $\varepsilon = 2$. Відстань між пластинами $d = 1 \text{ см}$, площа пластин $S = 50 \text{ см}^2$.

Розв'язок

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S^1}{d} = \frac{\varepsilon_0 S}{2d}$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{2d}; C = C_1 + C_2 = \left(\frac{\varepsilon_0 S}{2d}\right)(\varepsilon + 1)$$

$$\Delta C = C - C_0 = \left(\frac{\varepsilon_0 S}{2d}\right)(\varepsilon + 1) - \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \left(\frac{\varepsilon_0 S}{2d}\right)(\varepsilon - 1), C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

$$\Delta W = \frac{C \varepsilon_k^2}{2} - \frac{C_0 \varepsilon_k^2}{2} = \frac{\Delta C \varepsilon_k^2}{2}$$

$$\Delta W = \left(\frac{\varepsilon_0 S}{2d}\right)(\varepsilon - 1) \frac{\varepsilon_k^2}{2} = \varepsilon_0 S (\varepsilon - 1) \frac{\varepsilon_k^2}{4d}; \varepsilon^2 > 0$$

$$\Delta C = 2,21 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}; \Delta W = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$$

Відповідь : $\Delta C = 2,21 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$, $\Delta W = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$

Завдання № 14

В плоский повітряний конденсатор вставляється металічна пластинка товщиною d_0 . Заряд на обкладках конденсатора q . Конденсатор розімкнутий від джерела. Відстань між пластинами d , площа пластин S . Визначити зміну ємності конденсатора.

Розв'язок

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{l_1}; C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{l_2}$$

$$\frac{1}{C_{\text{жв}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{l_1}{\varepsilon_0 S} + \frac{l_2}{\varepsilon_0 S} = \frac{l_1 + l_2}{\varepsilon_0 S}$$

$$l_1 + l_2 = d - d_0$$

$$C_{\text{жв}} = \frac{\varepsilon_0 S}{d - d_0}; \Delta C = \frac{\varepsilon_0 S}{d - d_0} - \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon_0 S d_0}{(d - d_0)d}$$

$$\Delta W = W_2 - W_1$$

$$\Delta W = \frac{q^2}{2C_{\text{жв}}} - \frac{q^2}{2C_0} = \frac{q^2}{2} \left(\frac{d - d_0}{\varepsilon_0 S} - \frac{d}{\varepsilon_0 S} \right) = \frac{-q^2 d_0}{2 \varepsilon_0 S}$$

Відповідь : $\Delta C = (\varepsilon_0 S)/(d - d_0) - (\varepsilon_0 S/d)$

Завдання № 15

Плоский повітряний конденсатор електроємністю $C = 1,11 \text{ нФ}$ заряджений до різниці потенціалів $U = 300 \text{ В}$. Після відключення від джерела струму відстань між пластинами конденсатора було збільшено у п'ять разів. Визначити різницю потенціалів на обкладинках конденсаторів після їх розширення.

Розв'язок

Так як пластини конденсатора розсунули після відключення від джерела струму, то заряд на пластинах не

змінився: $q_1 = q_2$, звідси $C_1 U_1 = C_2 U_2$ (1), а $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}$ і $C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{5d_1}$, отже $C_1 = 5C_2$ підставимо в (1), отримаємо $5C_2 U_1 = C_2 U_2 \Rightarrow U_2 = 5U_1 = 1500$ В.

Відповідь : $U_2 = 1500$ В

Завдання № 16

При підключенні вольтметра з опором $R_v = 200$ Ом безпосередньо к зажимам джерела він показує $U = 20$ В. Якщо те саме джерело замкнути на опір $R = 8$ Ом, то ток в цепи стає рівним $0,5$ А. Знайти E, P, C і внутрішній опір джерела.

Розв'язок

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R_v + r}; \quad I_2 = \frac{\epsilon}{R + r}$$

$$r = \frac{I_1 R_v - I_2 R}{I_2 - I_1} = \frac{U - I_2 R}{I_2 - \frac{U}{R_v}} = \frac{(U - I_2 R) R_v}{I_2 R_v - U}$$

$$\epsilon = I_1 R_v \frac{I_2 R_v - I_2 R}{I_2 R_v - U} = U \frac{I_2 (R_v - R)}{I_2 R_v - U}$$

$$\epsilon = 24 \text{ В}; r = 40 \text{ Ом}$$

Відповідь : $\epsilon = 24 \text{ В}, r = 40 \text{ В}$

Завдання № 17

Маленька кулька масою $2 \cdot 10^{-3}$ кг, повішена на тонкій нитці, заряджена до $3 \cdot 10^{-7}$ Кл. На яку відстань слід піднести іншу маленьку кульку з зарядом $5 \cdot 10^{-7}$ Кл, щоб сила натягу нитки зменшилась в 2 рази?

Розв'язок

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\vec{F} + \vec{F}_T + \vec{F}_{H1} = 0$$

$$F + F_{H1} - mg = 0$$

$$F_{H1} = \frac{F_H}{2} = \frac{mg}{2} \Rightarrow \frac{mg}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1||q_2|}{r^2};$$

за умовою

$$r = \sqrt{\frac{|q_1||q_2|}{2\pi\epsilon_0 mg}}; r = 3,7$$

Відповідь : $r = 3,7 \cdot 10^{-1} \text{ м}$

Завдання № 18

Визначити, як розподілиться напруга 120 В між трьома послідовно з'єднаними конденсаторами, які мають ємності $0,3 \text{ мкФ}$, $0,2 \text{ мкФ}$, $0,12 \text{ мкФ}$, а також визначити загальну ємність та заряд всієї батареї.

Розв'язок

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{10^8}{6}; \quad C = 6 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$$

$$q = CU = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = 24 \text{ В}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2} = 36 \text{ В}; \quad U_3 = \frac{q}{C_3} = 60 \text{ В}$$

Відповідь : $q = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$, $C = 6 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$;

$U_1 = 24 \text{ В}$, $U_2 = 36 \text{ В}$, $U_3 = 60 \text{ В}$

Завдання № 19

Обкладки плоского конденсатора ізольовані одна від одної пластиною з діелектрика. Конденсатор заряджений до різниці потенціалів 1000 В . Яка діелектрична проникність матеріалу пластини, якщо при її удаленні різниця потенціалів між обкладками конденсатора збільшеться до 3000 В ?

Розв'язок

$$U = \frac{q}{C}; \quad q - \text{заряд на пластинках конденсатора}$$

C - ємність конденсатора

$$U_1 C_1 = U_2 C_2 \quad \text{или} \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$$

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 \frac{U_2}{U_1} = 3$$

Відповідь : $\epsilon_1 = 3$

Завдання № 20

К потенціометру опором 4000 Ом прикладена різниця потенціалів в 110 В . Між кінцем потенціометра та движком вмикнений вольтметр опором 10000 Ом . Що покаже вольтметр, якщо движок стає посередині потенціометра?

Розв'язок

$$R_{AC} = R_{AB} + R_{BC} = \frac{R}{2} + \frac{Rr}{R+2r} = \frac{R(R+4r)}{2(R+2r)}$$

$$I = \frac{U}{R_{AC}} = \frac{2U(R+2r)}{R(R+4r)}$$

$$U_{AB} = IR_{AB} = \frac{2U(R+2r)Rr}{R(R+4r)(R+2r)} = \frac{2Ur}{R+4r}; U_{AB} = 50\text{В}$$

Відповідь : $U = 50\text{В}$

Завдання № 21

Чотири провідники однакової довжини з одного і того ж матеріалу з'єднані послідовно. Діаметри провідників відповідно дорівнюють 0,1 см, 0,2 см, 0,3 см, 0,4 см. К системі прикладена напруга 100В. Визначити падіння напруги на кожному провіднику.

Розв'язок

$$R_1 = \rho \frac{4\ell}{\pi d_1^2}; \quad R_2 = \rho \frac{4\ell}{\pi d_2^2}; \quad R_3 = \rho \frac{4\ell}{\pi d_3^2}; \quad R_4 = \rho \frac{4\ell}{\pi d_4^2}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \frac{4\ell\rho}{\pi} \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2} \right)$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U_1 = IR_1 = U \frac{R_1}{R} = \frac{U \rho \frac{4\ell}{\pi d_1^2}}{\frac{4\ell\rho}{\pi} \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2} \right)} = \frac{U d_2^2 d_3^2 d_4^2}{d_1^2 d_2^2 d_3^2 + d_2^2 d_3^2 d_4^2 + d_3^2 d_4^2 d_1^2 + d_4^2 d_1^2 d_2^2}$$

$$U_1 = 70,2\text{В}; \quad U_2 = IR_2; \quad U_2 = U_1 \frac{d_1^2}{d_3^2} = 17,6\text{В}; \quad U_3 = 7,8\text{В}; \quad U_4 = 4,4\text{В}$$

Відповідь : $U_1 = 70,2\text{В}; \quad U_2 = 17,6\text{В}; \quad U_3 = 7,8\text{В};$
 $U_4 = 4,4\text{В}$

Завдання № 22

Між обкладками плоского конденсатора знаходяться дві пластинки: скляна товщиною 1 мм і мармурова товщиною 4 мм. К обкладкам конденсатора прикладено 1000 В. Визначити падіння напруги на обох пластинах, якщо провідність скла і мармура відповідна дорівнює $10^{-10} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ та $10^{-8} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$.

Розв'язок

$$U = U_1 + U_2$$

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1} = U_1 \frac{\frac{1}{\gamma_2} \cdot \frac{d_2}{S}}{\frac{1}{\gamma_1} \cdot \frac{d_1}{S}} = U_1 \frac{\gamma_1 d_2}{\gamma_2 d_1}$$

$$U = U_1 + U_2 = U_1 + U_1 \frac{\gamma_1 d_2}{\gamma_2 d_1} = U_1 \frac{(\gamma_1 d_2 + \gamma_2 d_1)}{\gamma_2 d_1}$$

$$U_1 = U \frac{\gamma_2 d_1}{(\gamma_1 d_2 + \gamma_2 d_1)}; U_1 = 962 B; U_2 = 38 B$$

Відповідь : $U_1 = 962 B$; $U_2 = 38 B$

Завдання № 23

Вагон освітлюється п'ятьма лампочками, які вмикаються послідовно. Зменшиться або ні раз ход електроенергії, якщо зменшити число лампочок до чотирьох?

Розв'язок

$N = \frac{U^2}{R}$; Опір 4-х послідовно з'єднаних лампочок менше опору 5-ти лампочок.
Тому потужність що потрібна в випадку 4-х лампочок збільшується.

Відповідь : Не зменшиться, а збільшиться

Завдання № 24

На паспорті лічильника зазначено "1 кВт·ч = 14680 оборотів якоря". При перевірці лічильника його диск зробив 120 оборотів за 50 сек. Визначити потужність, що потребується.

Розв'язок

$$n_1 = \frac{n}{t} = \frac{120 \text{ об}}{50 \text{ с}} = 2,4 \frac{\text{об}}{\text{с}}$$

$$k = \frac{A}{n_0} = \frac{3600000 \text{ Дж}}{14680 \text{ об}} = 245,2 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}$$

$$N = n_1 k = 245,5 * 2,4 = 590 \text{ Вт}$$

Відповідь : $N = 590 \text{ Вт}$

Завдання № 25

Можна чи ні дві лампочки накали потужністю 60 і 40 Вт, розраховані на напругу 110 В, вмикати в цеп з напругою 220 В при з'єднанні їх послідовно?

Розв'язок

$$N_1 = \frac{U_2^2}{R_1}; N_2 = \frac{U_1^2}{R_2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{N_2}{N_1}; U_3 = IR_1; U_4 = IR_2$$

$$\frac{U_3}{U_4} = \frac{IR_1}{IR_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{2}{3};$$

$U_3 = 88B$; $U_4 = 132B$. Продовження горіння другої лампочки скорочена.

Відповідь : Час праці другої лампочки буде зменшений. $U_3=88B$; $U_4=132B$

Завдання № 26

Елемент замикається дротом один раз опором 4 Ом, другий – опором 9 Ом. В том чи іншим випадку кількість тепла, що виділиться в дротах за один і той час, виявляється однаковим. Який внутрішній опір елементу?

Розв'язок

$$Q_1 = Q_2; I_1^2 R_1 t = I_2^2 R_2 t \Rightarrow I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2$$

$$E = I_1(r + R_1); E = I_2(r + R_2)$$

$$I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2; \frac{I_1}{I_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}; I_1(r + R_1) = I_2(r + R_2)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r + R_2}{r + R_1}; \quad r = \frac{R_2 - R_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}{\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} - 1} = \sqrt{R_1 R_2} = 6 \text{ Ом}$$

Відповідь : $r = 6 \text{ Ом}$

Завдання № 27

В електричному чайнику дві секції. При вмиканні одної з них вод в чайнику закипає за 20 мин, при вмиканні інший – за 30 мин. Скільки потрібно часу для кип'ятіння води при вмиканні обох секцій послідовно?

Розв'язок

$$Q = \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2 \quad \text{або} \quad \frac{t_1}{R_1} = \frac{t_2}{R_2}$$

$$\frac{20}{R_1} = \frac{30}{R_2}; R_2 = \frac{3}{2} R_1$$

$$R = R_1 + R_2 = \frac{5}{2} R_1 \Rightarrow \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{\frac{5}{2} R_1} t_1'; \quad t_1' = \frac{5}{2} t_1 = 50 \text{ мин}$$

Відповідь :

Завдання № 28

В електричному чайнику дві секції. При вмиканні одної з них вод в чайнику закипає за 20 мин, при вмиканні інший – за 30 мин. Скільки потрібно часу для кип'ячення води при вмиканні обох секцій паралельно?

Розв'язок

$$Q = \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2 \quad \text{або} \quad \frac{t_1}{R_1} = \frac{t_2}{R_2}$$

$$\frac{20}{R_1} = \frac{30}{R_2}; \quad R_2 = \frac{3}{2} R_1$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{5}{3R_1}; \quad R = \frac{3}{5} R_1 \Rightarrow \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{\frac{3}{5} R_1} t_2'; \quad t_2 = \frac{3}{5} t_2' = 12 \text{ мин}$$

Відповідь : $t = 12 \text{ мин}$

Завдання № 29

Гальванічний елемент замикають провідником опором 0,6 Ом, причому по колу іде тиск 0,9 А. Якщо той самий елемент замкнути провідником опором 1,2 Ом, то тиск буде дорівнювати 0,6 А. Визначити Е.Р.С. та внутрішній опір елементу.

Розв'язок

$$E = I_1(r + R_1); \quad E = I_2(r + R_2)$$

$$r = \frac{I_2 R_2 + I_1 R_1}{I_1 - I_2}$$

$$E = I_1 I_2 \frac{R_2 - R_1}{I_1 - I_2}$$

$$E = 1,08 \text{ В}$$

$$r = 0,6 \text{ Ом}$$

Відповідь : $\mathcal{E} = 1,08 \text{ В}, r = 0,6 \text{ Ом}$

Завдання № 30

Яка температура печі, якщо покладена в неї термопара залізо-константан ($\kappa = 0,05 \text{ мВ/град}$) дає на гальванометру чутливість 10^{-7} А/поділ та опором 1000 Ом відхилення на 200 поділок? Другий спай термопари занурен у лід, що тає.

Розв'язок

$$E = k(t_2 - t_1); E = I_0(R + r)$$

$$E = I_0 R = k(t_2 - t_1)$$

$$E = I_0 R; k(t_2 - t_1) = I_0 R$$

$$t_2 - t_1 = \frac{I_0 R}{k}; t_1 = 0; t_2 = \frac{I_0 R}{k}$$

$$t_2 = 400^\circ\text{C}$$

Відповідь : $t_2 = 400^\circ\text{C}$

Завдання № 31

В містське освітлюване коло напругою 220 В вмикають послідовно 5 ламп напругою 12 В кожна. Обчислити величину току в лампах та додатковий опір, який потрібен до них, якщо опір кожної лампи дорівнює 20 Ом.

Розв'язок

$$I = \frac{U_1}{R_1}; I = 0,6\text{A}$$

$$U_2 = nU_1; U_3 = U - U_2 = U - nU_1$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I} = \frac{U - nU_1}{I} \approx 267\text{Ом}$$

Відповідь : $R_0 = 267\text{ Ом}, I = 0,6\text{ А}$

Завдання № 32

Яким опором потрібно зашунтірувати гальванометр опором 1000 Ом, щоб зменшити його чутливість в 50 разів?

Розв'язок

$$\frac{R_{\text{ш}}}{R_2} = \frac{I_z}{I_{\text{ш}}}; I = I_z + I_{\text{ш}}; I_z = \frac{1}{n}I; I_{\text{ш}} = \frac{n-1}{n}I$$

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_2}{n-1} = \frac{10^3}{49} = 20,4\text{Ом}$$

Відповідь : $R_{\text{ш}} = 20,4\text{ Ом}$

Завдання № 33

Батарея акумуляторів, Е.Р.Р. якої 12 В, заряджається при напрузі 12,5 В і силі току 3 А. Внутрішній опір при зарядженні і розрядженні однакове, причому акумулятор віддає 70% кількості електрики, що пройшла крізь нього при зарядці. Визначити К.К.Д. батареї акумуляторів при розрядці током 3 А.

Розв'язок

$$\eta = \frac{A_1}{A}; A_1 = U_2 I_2 t_2; U_2 = E - I_2 r$$

$$r = \frac{U_1 - E}{I_1}; A_1 = (E - \frac{U_1 - E}{I_1} I_2) I_2 t_2$$

$$A = U_1 I_1 t_1$$

$$\eta = \frac{(E - \frac{U_1 - E}{I_1} I_2) I_2 t_2}{U_1 I_1 t_1}; \eta = \frac{E(I_1 + I_2) - U_1 I_2}{U_1 I_1} \cdot \frac{I_2 t_2}{I_1 t_1}$$

$$\eta = \eta_0 \frac{E(I_1 + I_2) - U_1 I_2}{U_1 I_1}$$

$$\eta = 0,64$$

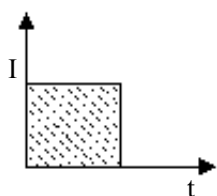
Відповідь : $\eta = 64\%$

Завдання № 34

Скільки міді виділиться протягом 10 сек. на катоді при електролізі, якщо протягом перших 5 сек. величина току рівномірно збільшується від 0 до 3 А, а протягом наступних 5 сек. рівномірно зменшується до 1 А?

Розв'язок

35



$$OABC = \frac{1}{2} AD \cdot OD + \frac{1}{2} (AD + BC) DC$$

Але $\frac{1}{2} AD$ та $\frac{1}{2} (AD + BC)$ – середнє значення струму співвідношення перших 5 сек и других 5 сек

$$It = \frac{I_1 + I_2}{2} t_1 + \frac{I_2 + I_3}{2} t_2; m = kIt = k(\frac{I_1 + I_2}{2} t_1 + \frac{I_2 + I_3}{2} t_2)$$

$$m = 5,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

Відповідь : $m = 5,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$

Завдання № 35

Батарея акумуляторів, Е.Р.Р. якої 12 В, заряджається при напрузі 12,5 В і силі току 3 А. Внутрішній опір при зарядженні і розрядженні однакове, причому акумулятор віддає 70% кількості електрики, що пройшла крізь нього при зарядці. Визначити К.К.Д. батареї акумуляторів при розрядці током 0,3 А.

Розв'язок

$$\eta = \frac{A_1}{A}; A_1 = U_2 I_2 t_2; U_2 = E - I_2 r$$

$$r = \frac{U_1 - E}{I_1}; A_1 = (E - \frac{U_1 - E}{I_1} I_2) I_2 t_2$$

$$A = U_1 I_1 t_1$$

$$\eta = \frac{(E - \frac{U_1 - E}{I_1} I_2) I_2 t_2}{U_1 I_1 t_1}; \eta = \frac{E(I_1 + I_2) - U_1 I_2}{U_1 I_1} \cdot \frac{I_2 t_2}{I_1 t_1}$$

$$\eta = \eta_0 \frac{E(I_1 + I_2) - U_1 I_2}{U_1 I_1}$$

$$\eta' = 0.67$$

Відповідь : $\eta = 67\%$

Завдання № 36

Якого перерізу треба взяти мідний дріт для встановлення лінії від електростанції до споживача загальною довжиною 1 км, щоб передати споживачу потужність 8 кВт? Напруга на шинах станції 130 В, можлива похибка на лінії 8%.

Розв'язок

$$U_{\text{лих}} = IR_{\text{дрот}} = I\rho \frac{l}{S}$$

$$U_0 k = I\rho \frac{l}{S}; \Rightarrow I = \frac{U_0 k}{\rho l} S$$

$$U_1 = U_0 - U_0 k = U_0 (1 - k)$$

$$U_1 = \frac{N}{I} = U_0 (1 - k) \Rightarrow I = \frac{N}{U_0 (1 - k)}$$

$$I = \frac{U_0 k}{\rho l} S \Rightarrow \frac{U_0 k}{\rho l} S = \frac{N}{U_0 (1 - k)}$$

$$S = \frac{N\rho l}{U_0^2 k(1 - k)}$$

$$S = 109 \text{ мм}^2$$

Відповідь : $S = 109 \text{ мм}^2$

Завдання № 37

Катушка, індуктивність якої $2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$, з'єднана з плоским конденсатором з площею пластин 100 см^2 . Знайти відстань між пластинами конденсатора, якщо контур резонує на хвилю довжиною 100 м.

Розв'язок

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; \quad T = \frac{\lambda}{c}; \quad C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}, \quad (c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{швидкість світла})$$

$$\frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{L \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}; \quad d = \frac{4\pi^2 \varepsilon\varepsilon_0 L S c^2}{\lambda^2} = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Відповідь : $d = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

Завдання № 38

Яку необхідно взяти ємність в коливальному контурі, щоб при індуктивності 250 мГн можна було б настроїти його на звукову частоту 500 Гц ? Опір контура дорівнює нулю.

Розв'язок

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; \quad C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}; \quad T = \frac{1}{\nu}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L \nu^2}; \quad C = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Відповідь : $c = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

Завдання № 39

На яку довжину хвилі налаштован радіоприймач, якщо його контур має індуктивність $1,5 \text{ мГн}$ і ємність $6 \cdot 10^{-3} \text{ мкФ}$?

Розв'язок

$$\lambda = cT; \quad T = 2\pi\sqrt{LC}; \quad \Rightarrow \lambda = 2\pi\sqrt{LC} = 5650 \text{ м}$$

$$(c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{швидкість світла})$$

Відповідь : $\lambda = 5650 \text{ м}$

Завдання № 40

Катушка, індуктивність якої $3 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$, приєднана к плоскому конденсатору з площею пластин 100 см^2 . Відстань між пластинами $0,1 \text{ мм}$. Чому дорівнює діелектрична проникність середовища, між пластинами конденсатора, якщо контур резонує на хвилю довжиною 750 м ?

Розв'язок

$$, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{швидкість світла}$$

$$\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0 L S}{d}}; \varepsilon = \frac{\lambda^2 d}{4\pi^2 c^2 \varepsilon_0 L S}$$

$$\varepsilon = 6$$

Відповідь : $\varepsilon = 6$

Завдання № 41

Визначити силу взаємодії точкових зарядів $Q_1 = Q_2 = 1$ Кл, які знаходяться у вакуумі на відстані $r = 1$ м друг від друга.

$$\left(\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} \right)$$
Розв'язок

По закону Кулона:

$$F = \frac{k Q_1 Q_2}{\varepsilon r^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}$$
Відповідь : $F = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}$

Завдання № 42

В елементарній теорії атома водню приймають, що електрон обертається навколо ядра по коловій орбіті. Визначити швидкість v електрона, якщо радіус орбіти $r = 53$ пм, а також частоту n обертання електрону.

$$(e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}, m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг})$$
Розв'язок

Електрон обертається навколо ядра по круговій орбіті під дією кулонівської сили, тобто

$$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}; \text{ звідси } v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}} = e \sqrt{\frac{k}{mr}},$$

$$v = 2,19 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

Відповідь :

Завдання № 43

Визначити напруженість E електричного поля, яка створюється точковим зарядом $Q = 10$ нКл на відстані $r = 10$ см від нього. Діелектрик – масло. $\epsilon = 2$.

Розв'язок

напруженість електричного поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_1}, \text{ де } F = \frac{kQQ_1}{r^2}, \text{ звідси випливає:}$$

$$E = \frac{kQ}{r^2} = 10^3 \frac{B}{M}.$$

$$E = 10^3 \frac{B}{M}$$

Відповідь :

Завдання № 44

Відстань d між двома точковими зарядами $Q_1 = +8$ нКл і $Q_2 = -5,3$ нКл дорівнює 40 см. Визначити напруженість E поля у точці, яка лежить посередині поміж зарядами.

Розв'язок

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2,$$

$$E_0 = \frac{4kQ_1}{r^2} + \frac{4kQ_2}{r^2} = \frac{4k}{r^2} (Q_1 + Q_2) = 2992,5 \frac{B}{M}.$$

$$E_0 = 2992,5 \frac{B}{M}$$

Відповідь :

Завдання № 45

Визначити потенціал φ електричного поля у точці А, віддаленої від зарядів $Q_1 = -0,2$ мкКл і $Q_2 = 0,5$ мкКл відповідно на $r_1 = 15$ см і $r_2 = 25$ см.

Розв'язок

Потенціал електричного поля у точці А здійснюється двома зарядами Q_1 і Q_2 , тому у відповідності с принципом суперпозиції електричних полів:

$$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2} = k \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} \right) = 6 \text{ кВ.}$$

Відповідь : $\varphi_A = 6$ кВ

Завдання № 46

Знайти потенціальну енергію Π системи трьох точкових зарядів $Q_1 = 10$ нКл, $Q_2 = 20$ нКл і $Q_3 = -30$ нКл, які знаходяться у вершинах рівностороннього трикутника з довжиною сторони $a = 10$ см.

Розв'язок

Потенціальна енергія системи трьох точкових зарядів дорівнює:

$$\begin{aligned} \Pi &= \Pi_{12} + \Pi_{13} + \Pi_{32} = \frac{kQ_1Q_2}{a} + \frac{kQ_1Q_3}{a} + \frac{kQ_3Q_2}{a} = \\ &= \frac{k}{a} (Q_1Q_2 + Q_1Q_3 + Q_3Q_2) = -63 \text{ мкДж.} \end{aligned}$$

Відповідь : $\Pi = -63$ мкДж.

Завдання № 47

Металева куляка діаметром $d = 2$ см заряджена від'ємно до потенціалу $\varphi = 150$ В. Скільки електронів знаходиться на поверхні куляки? $(e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл})$.

Розв'язок

Потенціал кульки: $\varphi = \frac{kq}{r}$, звідси $q = \frac{\varphi}{k}$. Кількість електронів знаходиться на поверхні кульки:

$$N = \frac{q}{e} = \frac{\varphi}{ke} = 1,04 \cdot 10^9$$

Відповідь : $N = 1,04 \cdot 10^9$

Завдання № 48

Знайти електроємність C відокремленої металевої кульки радіусом $R = 1$ см.

Розв'язок

Електроємність відокремленого провідника?

$$C = \frac{Q}{\varphi}, \quad \varphi = \frac{kQ}{R} \text{ . Звідси}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 R = 1,11 \text{ пкФ.}$$

Відповідь : $C = 1,11$ пкФ.

Завдання № 49

Визначити електроємність C плоского слюдяного конденсатора, площа S пластин якого дорівнює 100 см^2 , а відстань між ними дорівнює $0,1 \text{ мм}$. ($\epsilon_{\text{сл}} = 7$)

Розв'язок

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = 6,2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Відповідь : $C = 6,2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$

Завдання № 50

Яка кількість тепла Q виділиться при розряді плоского конденсатора, якщо різниця потенціалів U між пластинами дорівнює 15 кВ, відстань $d = 1$ мм, діелектрик – слюда і площа S кожної пластини дорівнює 300 см^2 ?

Розв'язок

За законом збереження енергії: $Q = W = \frac{CU^2}{2}$, ємність плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}, \text{ отже } Q = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2}{2d} = 0,209 \text{ Дж.}$$

Відповідь : $Q = 0,209$ Дж.