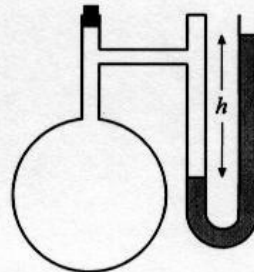


ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. – 2. GRUPA

Zadatak 1 (10 bodova)

U posudi volumena $V_0=500\text{ cm}^3$ ispunjenu zrakom uliveno je $m=0.5\text{ g}$ tekućine nepoznate molarne mase. Atmosferski tlak iznosi $p_A=101300\text{ Pa}$, a zrak i tekućina su na temperaturi od $t_0=20^\circ\text{C}$. Posuda je spojena sa živinim barometrom kao na slici. Posuda se zatim zatvori i zagrije na temperaturu od $t=90^\circ\text{C}$ na kojoj je sva tekućina isparila, a razlika razina žive u barometru iznosi $h=84.7\text{ cm}$. Nađite molarnu masu nepoznate tekućine. Gustoća žive je $\rho=13600\text{ kg/m}^3$, ubrzanje sile teže je $g=9.81\text{ m/s}^2$, a plinska konstanta $R=8.314\text{ J/(K mol)}$. Tlak para tekućine, kao i volumen tekućine u odnosu na volumen posude, se zanemaruju.



Zadatak 2 (8 bodova)

Podaci na tvrdom disku (hard disk) računala zapisuju se na okrugle rotirajuće staklene ploče pokrivene slojem magnetskog materijala na kojem se vrši upis. Sam zapis nalazi se na koncentričnim kružnicama sa središtem na osi rotacije tvrdog diska. Zbog promjene temperature u kućištu računala, mijenja se udaljenost zapisanog podatka (tj. polupjerm kružnice) od osi rotacije jer se staklena ploča steže ili rasteže. Ako je podatak bio zapisan na udaljenosti od $r_0=3\text{ cm}$ od osi rotacije na $t_0=25^\circ\text{C}$, koliko je zapis podatka udaljen od osi rotacije na temperaturi od $t_1=35^\circ\text{C}$? Linearni koeficijent rastezanja stakla je $\alpha=8.5\cdot 10^{-6}\text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$.

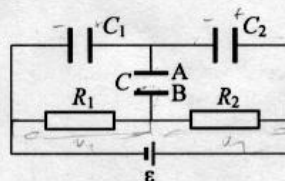
Zadatak 3 (12 bodova)

Između ploča ravnog kondenzatora površine $S=100\text{ cm}^2$ nalaze se dvije ploče od parafiniranog papira i stakla. Debljina ploče od parafiniranog papira je $d_p=1\text{ mm}$, ploče od stakla $d_s=5\text{ mm}$, relativna dielektrična konstanta parafiniranog papira je $\epsilon_p=4$, a stakla $\epsilon_s=7$. Električna polja proboja su za parafinirani papir $E_p=120\text{ kV/cm}$, a staklo $E_s=100\text{ kV/cm}$. Nađite ovisnost kapaciteta takvog kondenzatora u ovisnosti o naponu U na njegovim vanjskim pločama.

Dielektrična konstanta vakuuma je $\epsilon_0=8.85\cdot 10^{-12}\text{ F/m}$.

Zadatak 4 (8 bodova)

U shemi na slici nađite naboj na kondenzatoru $C=1\text{ nF}$, ako je $C_1=2\text{ nF}$, $C_2=6\text{ nF}$, $R_1=10\ \Omega$, $R_2=5\ \Omega$, a $\xi=3\text{ V}$. Na kojoj se oblozi (A ili B) nalazi pozitivan naboj?



Zadatak 5 (12 bodova)

Dvije paralelne metalne ploče nalaze se u vakuumu i spojene su bakrenim žicama površine poprečnog presjeka $S=1\text{ mm}^2$ na polove baterije napona $U=200\text{ V}$. Ploča spojena na negativni pol baterije (katoda) ze zagrijava i elektroni izlijeću iz nje, te se skupljaju na ploči priključenoj na pozitivni pol baterije (anoda). Struja kroz krug iznosi $I=100\text{ mA}$.

- Kolika je posmična brzina elektrona u bakrenoj žici, ako po jednom atomu bakra dolazi jedan slobodni elektron?
- Kolika se snaga struje troši u krugu (zanemarujući otpor žica i baterije)?
- Koliki je broj elektrona u jedinici vremena koji dolazi na anodu?
- Dokažite da je snaga oslobođena na anodi radi udaranja elektrona (ubrzanih električnim poljem između ploča) u anodu jednaka onoj iz b) dijela zadatka!

Gustoća bakra je $\rho=8900\text{ kg/m}^3$, molarna masa bakra je $M=63.55\text{ g/mol}$, naboj elektrona $e=1.6\cdot 10^{-19}\text{ C}$, a Avogadrov broj $N_A=6.022\cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$.

Rezultati zadataka 2. grupe (2002) i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)

U početku je u posudi atmosferski tlak p_A i temperatura $T_0 = t_0 + 273.15 = 293.15$ K, a nakon isparavanja tekućine tlak u posudi je

$$p = p_A + \rho gh = 214303 \text{ Pa.} \quad (2)$$

Tlak p je jednak zbroju parcijalnih tlakova zraka p_z na temperaturi $T = t + 273.15 = 363.15$ K i tlaku isparene tekućine p_t na temperaturi T ,

$$p = p_z + p_t, \quad (2)$$

gdje je $p_z = p_A T / T_0 = 125489$ Pa, (2)

$$a \quad p_t = nRT / V_0 = \frac{mRT}{MV_0}. \quad (2)$$

$$\text{Odatle je } M = \frac{mRT}{V_0(p - p_z)} = 34 \text{ g/mol.} \quad (2)$$

Zadatak 2 (8 bodova)

Površina pravokutnog tijela S_0 pri temperaturi t_0 je $S_0 = a_0 b_0$, gdje su a_0 i b_0 stranice pravokutnika. Na temperaturi t su zbog promjena linearnih dimenzija tijela a i b dani s

$$a = a_0(1 + \alpha \Delta t) \text{ i } b = b_0(1 + \alpha \Delta t), \text{ gdje je } \Delta t = t - t_0. \quad (1)$$

Na temperaturi t je tada površina jednaka $S = ab = a_0 b_0 (1 + \alpha \Delta t)^2 \approx S_0 (1 + \beta \Delta t)$, (2)

jer se $(\alpha \Delta t)^2$ može zanemariti u odnosu na $1 + \beta \Delta t$, gdje je $\beta = 2\alpha$.

U slučaju kružne ploče polumjera r_0 , $S_0 = r_0^2 \pi$, (1)

$$a \quad S = r^2 \pi = S_0 (1 + \beta \Delta t), \quad (2)$$

te je $r = r_0 \sqrt{1 + \beta \Delta t} = 3.00025$ cm. (2)

Napomena: Ako cjelokupan izvod nije napravljen već je dana samo konačna formula za polumjer ploče, priznati sve bodove do konačne formule.

Zadatak 3 (12 bodova)

Radi se o serijskom spoju dva kondenzatora, (1)

$$\text{onog s papirom kao dielektrikom kapaciteta } C_p = \epsilon_0 \epsilon_p S / d_p, \quad (1)$$

$$\text{i onog sa staklom kao dielektrikom kapaciteta } C_s = \epsilon_0 \epsilon_s S / d_s. \quad (1)$$

$$\text{Ukupni kapacitet } C_1 \text{ prije proboja je jednak } C_1 = \frac{C_p C_s}{C_p + C_s} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_p \epsilon_s S}{\epsilon_p d_s + \epsilon_s d_p} = 9.18 \cdot 10^{-11} \text{ F.} \quad (1)$$

$$\text{Probojni napon papira je } U_{p,p} = E_p d_p = 12000 \text{ V,} \quad (1)$$

$$\text{a stakla } U_{s,p} = E_s d_s = 50000 \text{ V,} \quad (1)$$

što znači da će kondenzator s papirom kao dielektrikom prvi probiti.

Kako je ukupni napon U na serijskom spoju kondenzatora jednak zbroju napona na kondenzatoru s papirom U_p i onoga sa staklom U_s , $U = U_p + U_s$. Kako je naboj na serijski spojenim kondenzatorima jednak $C_1 U = C_p U_p$, (1)

$$\text{tada je ukupni napon } U_1 \text{ pri kojem probija kondenzator s papirom jednak}$$

$$U_1 = \frac{C_p}{C_1} U_{p,p} = \left(1 + \frac{C_p}{C_s}\right) U_{p,p} = \left(1 + \frac{\epsilon_p d_s}{\epsilon_s d_p}\right) U_{p,p} = 46286 \text{ V,} \quad (3)$$

što je manje od $U_{s,p}$. Nakon proboja, kondenzator s papirom je u kratkom spoju, pa je ukupni kapacitet jednak $C_2 = C_s = 1.24 \cdot 10^{-10} \text{ F}$ do ukupnog napona $U_2 = U_{s,p} = 50000 \text{ V}$, kada probija i kondenzator sa staklom, te je za $U \geq U_{s,p}$ ukupni kapacitet nula. (2)

Zadatak 4 (8 bodova)

Struja kroz serijski spojene otpornike R_1 i R_2 je

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = 0.2 \text{ A}, \quad (1)$$

pa je napon na otporu R_1 jednak $U_{R_1} = IR_1 = 2 \text{ V}$. (1)

Naboji na kondenzatorima C_1 i C_2 su jednaki, pa iz $C_1 U_{C_1} = C_2 U_{C_2}$ (1)

i $U_{C_1} + U_{C_2} = \varepsilon$ slijedi (1)

$$U_{C_1} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \varepsilon = 2.25 \text{ V}. \quad (1)$$

Prema tome je napon na kondenzatoru C jednak $U_C = U_{C_1} - U_{R_1} = 0.25 \text{ V}$ (2)

i pozitivan naboj se nalazi na oblozi A. (1)

Napomena: zadatak se mogao rješavati i primjenom Kirchoffovih pravila za strujne mreže, pa rješavanje treba bodovati u skladu s gornjim rješenjima!

Zadatak 5 (12 bodova)

a) Gustoća struje j kroz vodič poprečnog presjeka S je $j = I/S = nev_d$, gdje je n volumna gustoća nositelja struje (elektrona), a v_d je posmična brzina. (1)

Gustoća bakra je $\rho = m/V = \mu M/V = NM/(N_A V) = n_a M/N_A$, (1)

gdje je μ množina bakra, a n_a gustoća atoma bakra. Kako je jedan slobodan elektron po atomu bakra, tada je $n = n_a$, (1)

pa je prema tome $v_d = \frac{IM}{\rho N_A e S} = 7.41 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. (2)

b) Snaga je jednaka $P = UI = 20 \text{ W}$. (1)

c) Zbog sačuvanja količine naboja, broj elektrona u jedinici vremena $\frac{\Delta n_e}{\Delta t}$ koji dolaze na anodu jednak je broju elektrona koji u jedinici vremena prođu kroz žicu, pa iz (1)

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{e \Delta n_e}{\Delta t} \text{ slijedi } \frac{\Delta n_e}{\Delta t} = \frac{I}{e} = 6.25 \cdot 10^{17} \text{ elektrona/s}. \quad (1)$$

d) Ubrzanje elektrona vrši se na račun njegove potencijalne energije, $eU = mv^2/2$, gdje je m masa elektrona. (1)

Udaranjem u anodu, njegova kinetička energija se mijenja jer oni dalje nastavljaju put kroz žicu zanemarivog otpora, pa je promjena kinetičke energije jednog elektrona jednaka (uz $v_d \ll v$)

$$\Delta E_{k1} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_d^2}{2} \approx \frac{mv^2}{2} = eU. \quad (1)$$

Tada je promjena kinetičke energije svih elektrona koji udaraju u anodu jednaka

$$\Delta E_k = \frac{\Delta n_e}{\Delta t} \Delta E_{k1} = UI = 20 \text{ W}. \quad (2)$$