

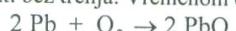
## ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2000. – 2. GRUPA

### Zadatak 1 (8 bodova)

U vertikalno postavljenom visokom cilindru nalazi se zrak temperature  $t_1=20^\circ\text{C}$ , kolika je i temperatura okoline, a vanjski tlak zraka jednak je atmosferskom tlaku. Bočne stijenke cilindra su dobri toplinski izolatori, dok je donja osnovica cilindra dobar vodič topline. Zrak je s gornje strane zatvoren pomicnim čepom koji može kliziti unutar cilindra bez trenja, a napravljen je od toplinskog izolatora. U početnom trenutku čep je na visini od  $l=10$  cm od donje osnovice cilindra. Ako se donja osnovica cilindra počne zagrijavati izvorom topline konstantne temperature  $t_2$ , čep se nakon nekog vremena podigne za  $h=20$  cm. Kolika je temperatura izvora topline  $t_2$ ?

### Zadatak 2 (10 bodova)

U cilindar ispunjen zrakom stavljeno je  $m=1$  g olova. Cilindar je nakon toga zatvoren klipom zanemarive mase koji se može pomicati bez trenja. Vremenom olovo oksidira po formuli

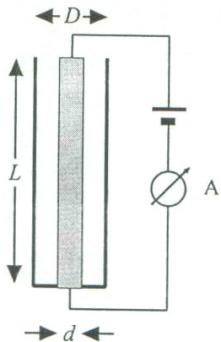


a temperatura  $t$  i vanjski tlak  $p$  se drže konstantnim i iznose  $t=25^\circ\text{C}$  i  $p=101325$  Pa. Za koliko se promjenio volumen zatvorenog dijela cilindra nakon završetka procesa oksidacije ako je početni volumen bio  $V_0=1$  l? Molarna masa olova je  $M_{\text{Pb}}=207.19$  g/mol, a volumen olova i nastalog oksida zanemarite u odnosu na volumen cilindra.

### Zadatak 3 (11 bodova)

U vertikalnoj staklenoj cijevi unutarnjeg promjera  $D=5$  mm i duljine  $L=1$  m nalazi se napeta čelična žica iste duljine i promjera  $d=2$  mm. Gornji kraj žice priključen je na jedan pol izvora stalnog napona od  $U=0.1$  V, a donji kraj žice prolazi kroz dno staklene cijevi i priključen je na drugi pol izvora napona. U cijev se nalijeva živa. Otpornost čelične žice je  $\rho_e=0.2 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ , a otpornost žive je  $\rho_{\text{Hg}}=0.958 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ .

- a) Kolika je najveća i najmanja jakost struje koja može teći ampermetrom A?
- b) Kod koje će visine stupca žive  $x$ , mjereno od dna cijevi, ampermetar pokazivati struju od 2 A?



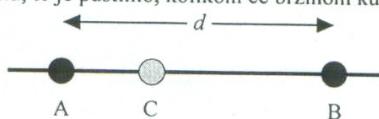
### Zadatak 4 (9 bodova)

Zavojnice elektromagneta načinjene su od bakrene žice ukupnog otpora  $R=4 \Omega$ , a maksimalna struja koja može teći zavojnicama je  $I=50$  A. Masa zavojnice je  $M=200$  kg, a specifični toplinski kapacitet bakra je  $c_b=390 \text{ J/(kgK)}$ .

- a) Ako je maksimalna dozvoljena temperatura u zavojnicama  $t=80^\circ\text{C}$ , a temperatura okoline je  $t_0=20^\circ\text{C}$ , za koliko bi vremena od uključenja elektromagneta došlo do oštećenja zavojnice uz pretpostavku da nema izmjene topline s okolinom?
- b) Da bi spriječili oštećenje elektromagneta, tijekom njegova rada zavojnice se hlađe tekućom vodom. Ako je temperatura vode koja ulazi u sustav za hlađenje  $t_1=20^\circ\text{C}$ , a maksimalna temperatura zavojnice je  $t_2=25^\circ\text{C}$ , koliki mora biti najmanji protok vode u jednom satu izražen u  $\text{m}^3/\text{h}$ ? Specifični toplinski kapacitet vode je  $c_v=4186 \text{ J/(kgK)}$ , a gustoća vode je  $\rho_v=1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Zadatak 5 (12 bodova)

Na horizontalnoj žici od izolatara nalaze se tri metalne kuglice A, B i C, svaka polumjera  $r=1$  cm i mase  $m=1$  g. Kuglice A i B su učvršćene na žici i udaljenost njihovih središta je  $d=1$  m. Kuglica C se nalazi između kuglica A i B, ne dodiruje ih, te može kliziti po žici bez trenja. Kuglice A i B nabijemo tako da je naboj kuglice A  $q_A=10^{-10} \text{ C}$ , a kuglice B  $q_B=-10^{-10} \text{ C}$ . Ako sada kuglicu C primaknemo kuglici A tako da se one dodirnu, te je pustimo, kolikom će brzinom kuglica C udariti u kuglicu B?



## V N – Rezultati zadatka 2. grupe (2000) i smjernice za bodovanje

### Zadatak 1 (8 bodova)

Radi se o izobarnoj promjeni,  $T_1=t_1+273.15$  K,  $T_2=t_2+273.15$  K (priznati i 273 K):

$$\frac{T_1}{V_2} = \frac{T_2}{V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 \quad (2)$$

$S$  je površina osnovice:

$$V_1 = Sl \quad (1)$$

$$V_2 = S(l+h) \quad (1)$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \left(1 + \frac{h}{l}\right) \quad (1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 3 \quad (1)$$

$$T_2 = \left(1 + \frac{h}{l}\right) T_1 = 3 T_1, \quad (1)$$

$$T_2 = 879.45 \text{ K} = 606.3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

ili:

$\alpha = 1/273$ ,  $V_0$  je volumen plina pri  $0^{\circ}\text{C}$ :

$$V_1 = V_0(1 + \alpha t_1) \quad (2)$$

$$V_2 = V_0(1 + \alpha t_2) \quad (2)$$

$$V_1 = Sl \quad (1)$$

$$V_2 = S(l+h) \quad (1)$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \left(1 + \frac{h}{l}\right) \quad (1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 3 \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{\frac{V_2}{V_1}(1 + \alpha t_1) - 1}{\alpha} = t_1 \left(1 + \frac{h}{l}\right) + \frac{h}{l\alpha}, \quad (1)$$

$$t_2 = 606.3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

Ako u međukoracima nisu računate numeričke vrijednosti već samo u konačnom rješenju, priznati sve bodove predviđene za dotični međukorak.

### Zadatak 2 (10 bodova)

Iz kemijske formule slijedi da se 2 mola olova spaja s 1 molom molekule kisika i tvore 2 mola olovo(II)-oksida. Količina olova u cilindru je

$$n_{\text{Pb}} = \frac{m}{M_{\text{Pb}}} = 4.826 \times 10^{-3} \text{ mol olova} \quad (1)$$

$$\Rightarrow \text{za potpunu oksidaciju potrebno je } n'_{\text{O}_2} = n_{\text{Pb}} / 2 = 2.413 \times 10^{-3} \text{ mol O}_2 \quad (1)$$

Ukupan tlak je konstantan i jednak je  $p$ , i on je zbroj parcijalnih tlakova kisika i dušika:

$$\text{- na početku, } pV_0 = nRT = (n_{\text{N}_2} + n'_{\text{O}_2})RT \quad (1)$$

$$\text{- na kraju procesa, } pV = (n_{\text{N}_2} + n''_{\text{O}_2})RT, \text{ gdje je } n''_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} - n'_{\text{O}_2} \text{ preostala količina kisika} \quad (1)$$

Kako dušik ne sudjeluje u reakciji,  $n_{N_2} = \frac{pV_0}{RT} - n_{O_2}$ , a

$$V = \frac{(n_{N_2} + n''_{O_2})RT}{p} = V_0 - \frac{RT}{p} n'_{O_2} \quad (3)$$

$$V = 9.41 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (1)$$

što znači da se volumen cilindra smanjio za

$$\Delta V = V_0 - V \quad (1)$$

$$\Delta V = 5.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 0.059 \text{ l} = 59 \text{ cm}^3 \quad (1)$$

### Zadatak 3 (11 bodova)

Čelična žica i stupac žive u cijevi čine sustav od tri otpora spojena kao na slici, gdje je  $R_1$  otpor dijela žice duljine ( $L-x$ ) koji nije uronjen u živu,  $R_2$  je otpor dijela žice duljine  $x$  uronjen u živu, a  $R_3$  je otpor stupca visine  $x$  žive.

Ukupni otpor takvog spoja je

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1)$$

a) kako je struja  $I$  kroz ampermetar jednaka  $I = U / R$ , najmanja vrijednost struje  $I_{min}$  postiže se za maksimalan otpor  $R_{max} = R_1(x=0)$ , tj. kada nema žive ( $S_c$  je površina presjeka žice):

$$R_{max} = \rho_c L / S_c = \rho_c \frac{L}{\left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi} = 0.0637 \Omega \quad (1)$$

$$I_{min} = U / R_{max} = 1.57 \text{ A} \quad (1)$$

Najveća vrijednost struje postiže se kada je ukupni otpor minimalan, tj. kada je  $x=L$  ( $S_z$  je površina presjeka žive) i  $R_1=0$ :

$$R_2 = R_{max}$$

$$R_3 = \rho_{Hg} L / S_{Hg} = \rho_{Hg} \frac{L}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi - S_c} = 0.0581 \Omega \quad (1)$$

$$R_{min} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 0.0304 \Omega \quad (1)$$

$$I_{max} = U / R_{min} = 3.29 \text{ A} \quad (1)$$

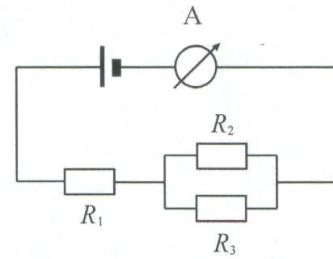
b) Ako je struja kroz ampermetar  $I=2 \text{ A}$ , tada je otpor

$$R = U / I = 0.05 \Omega \quad (1)$$

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \rho_c \frac{L-x}{S_c} + \frac{\left(\rho_c \frac{x}{S_c}\right) \left(\rho_{Hg} \frac{x}{S_{Hg}}\right)}{\rho_c \frac{x}{S_c} + \rho_{Hg} \frac{x}{S_{Hg}}} \quad (1)$$

$$x = \frac{\frac{\rho_c L}{S_c} - R}{\rho_c \left( \frac{\rho_{Hg}}{\rho_c S_{Hg} + \rho_{Hg} S_c} - \frac{1}{S_c} \right)} \quad (1)$$

$$x = 0.41 \text{ m} = 41 \text{ cm} \quad (1)$$



Ako u zadatku pri računanju površine presjeka žive nije u obzir uzeta nezanemariva površina presjeka žice, a zadatak je inače korektan, oduzeti **tri boda**.

#### Zadatak 4 (9 bodova)

a) Toplina razvijena prolaskom struje kroz zavojnice u vremenu  $\tau$  mora biti jednaka promjeni količine topline zavojnica:

$$I^2 R \tau = M c_b (t - t_0) \quad (2)$$

$$\tau = \frac{M c_b (t - t_0)}{I^2 R} \quad (1)$$

$$\tau = 468 \text{ s} = 7 \text{ min } 48 \text{ s} \quad (1)$$

b) Voda za hlađenje mora apsorbirati razvijenu toplinu ( $m$  je masa vode,  $\Delta t = t_2 - t_1$ ):

$$I^2 R \Delta \tau = m c_v \Delta t \quad (1)$$

$$\Rightarrow I^2 R = \frac{m}{\Delta \tau} c_v \Delta t \quad (1)$$

$$\frac{m}{\Delta \tau} = \frac{I^2 R}{c_v \Delta t} = \frac{I^2 R}{c_v (t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$\frac{m}{\Delta \tau} = 0.4778 \text{ kg / s} = 1720 \text{ kg / h} \quad (1)$$

$$\text{Volumen vode u jednom satu je } \frac{m}{\rho_v \Delta \tau} = 1.72 \text{ m}^3 / \text{h.} \quad (1)$$

#### Zadatak 5 (12 bodova)

U trenutku dodira kuglice A i C, naboj  $q_A$  se jednako raspodjeljuje na obje kuglice:

$$q'_A = q'_C = \frac{q_A}{2} \quad (1)$$

Vrijedi zakon očuvanja energije: potencijalna energija  $E_C$  kuglice C u trenutku dodira s kuglicom A jednaka je zbroju potencijalne energije  $E'_C$  kuglice u trenutku sudara s kuglicom B i kinetičke energije kuglice C u tom trenutku ( $k = 9 \times 10^9$ ):

$$E_C = E'_C + \frac{mv^2}{2}. \quad (4)$$

$$E_C = k \frac{q'_A q_C}{2r} + k \frac{q_B q_C}{d-2r} \quad (2)$$

$$E'_C = k \frac{q'_A q_C}{d-2r} + k \frac{q_B q_C}{2r} \quad (2)$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{k}{2m} \frac{d-4r}{r(d-2r)} \left( \frac{q_A}{2} - q_B \right) q_A \quad (2)$$

$$v = 2.57 \times 10^{-3} \text{ m / s} = 2.57 \text{ mm / s.} \quad (1)$$

Ako u izrazima za potencijalnu energiju dimenzija kuglica zanemarena prema  $d$ , a zadatak je inače korektan, oduzeti **četiri boda**.