DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE

Korčula, 13.-16. svibnja 2012.

Srednje škole – 2. skupina

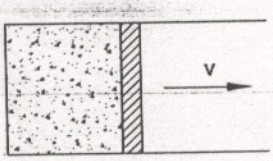
1. zadatak (16 bodova)

U toplinski izoliranoj posudi volumena V_0 nalazi se idealni plin mase m pri tlaku p_0 i temperaturi T_0. Omjer specifičnih toplinskih kapaciteta plina je $\gamma=C_p/C_v$. Posuda se giba stalnom brzinom v i klip je učvršćen.

a) Za koliko se promijeni temperatura plina ako se posuda naglo zaustavi?

b) Nakon zaustavljanja klip se „odkvači" tako da se može gibati bez trenja. Odredite volumen plina nakon uspostavljanja ravnotežnog stanja.

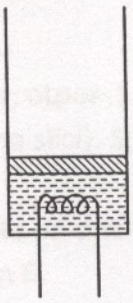
Tlak izvan posude je stalan i iznosi p_0.



2. zadatak (19 bodova)

U jako visokoj cilindričnoj posudi s pomičnim klipom zanemarive mase i presjeka 10 cm^2 nalazi se 0.01 kg vode pri temperaturi 20°C. Klip može kliziti uz stijenke posude bez trenja i početno dira površinu vode. Pomoću grijača snage 500 W voda se zagrijava jednu minutu. U trenutcima 5 s, 10 s i 60 s nakon početka zagrijavanja zabilježi se visina na kojoj se klip nalazi u odnosu na dno posude. Izračunajte koje su visine zabilježene.

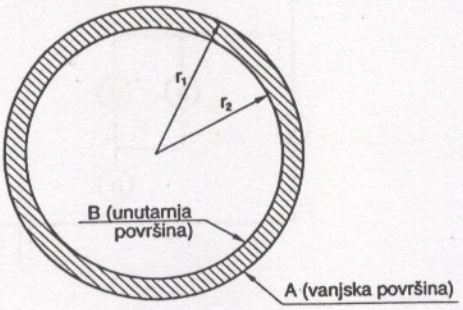
Atmosferski tlak iznosi 10^5Pa, specifični toplinski kapacitet vode je 4190 J/(kgK), toplina isparavanja vode je $2.26\cdot10^6$J/kg, gustoća vode je 1000 kg/m^3, molarna masa vode je 18 g/mol, opća plinska konstanta je 8.314 J/(molK). Toplinsko širenje vode kao i prijenos topline na stijenke posude i klip, te promjenu atmosferskog tlaka s visinom možete zanemariti. Za troatomne plinove je C_V=3R.



3. zadatak (18 bodova)

Naboj šuplje, vodljive kugle vanjskog polumjera r_1 i unutarnjeg polumjera r_2 je Q. Vanjsku površinu kugle označimo s A, a unutarnju s B. U šupljini početno nema naboja.

a) Izračunajte površinsku gustoću naboja na vanjskoj i unutarnjoj površini kugle dok u šupljini nema naboja.



a)

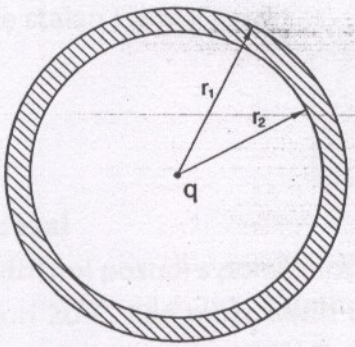
b) U središte šupljine unutar kugle stavi se:

1) točkasti naboj q

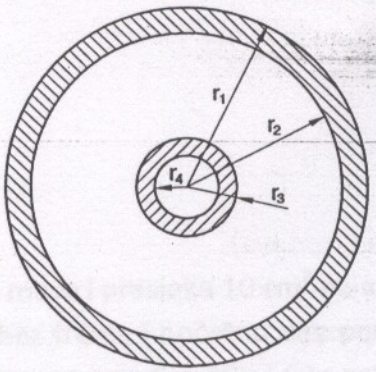
2) mala šuplja vodljiva kugla vanjskog polumjera r_3, unutarnjeg polumjera r_4 i ukupnog naboja q.

Za slučajeve 1) i 2) izračunajte površinsku gustoću naboja na vanjskoj i unutarnjoj površini velike šuplje kugle.

1)



2)



Za slučajeve a), b1) i b2) skicirajte grafove koji prikazuju ovisnost potencijala o r (r je udaljenost od središta velike šuplje kugle). Na grafovima treba biti vidljivo koliki su potencijali u točkama $r = r_1, r_2, r_3, r_4$.

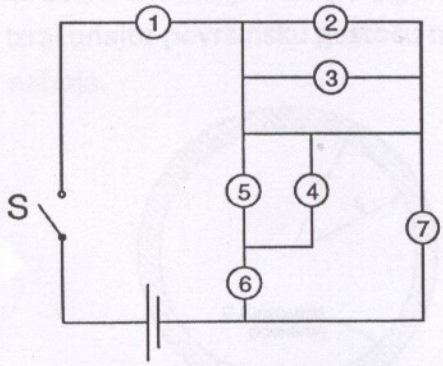
4. zadatak (17 bodova)

Sedam jednakih žaruljica (svaka žaruljica ima otpor 1 Ω) spojeno je na izvor istosmjernog napona U= 2.4 V. Početno je sklopka S otvorena (kao na slici). Sljedeći zadatci odnose se na trenutak 4 sekunde nakon zatvaranja sklopke.

a) Poredajte žaruljice po jačini sjaja. Počnite od one koja svijetli najjače.

b) Izračunajte struju koja prolazi žaruljicom 6.

c) Pretpostavite da je na mjestu žaruljice 6 bio kondenzator kapaciteta 1 nF. Za taj slučaj poredajte žaruljice po jačini sjaja. Počnite od one koja svijetli najjače.



DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE
Korčula, 13.-16. svibnja 2012.

Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

a) Prema zakonu očuvanje energije:

$$U_1 + \frac{mv^2}{2} = U_2 \text{ tj. } \Delta U = \frac{mv^2}{2}$$ **(2 boda)**

Budući da nema promjene volumena, rad plina je nula pa je:

$$\Delta U = Q - W = nC_V \Delta T$$ **(2 boda)**

Na temelju $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ i $C_p = C_V + R$ dobije se da je $C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$ **(1 bod)**

Na temelju gornjih relacija i uzevši u obzir da je $p_o V_o = nRT_o$ **(1 bod)**

konačno rješenje je: $$\Delta T = \frac{mv^2}{2}\frac{\gamma - 1}{p_o V_o} T_o$$ **(2 boda)**

b) Zbog povećanja temperature, poveća se i tlak plina za

$$\Delta p = \frac{nR\Delta T}{V_o}, \text{ pri čemu je } \Delta p = p - p_o$$ **(2 boda)**

Nakon što mu to omogućimo, klip će se gibati dok se tlak plina ne izjednači s vanjskim tlakom. **(2 boda)**

Plin se iz stanja (p, V_o) do stanja (p_o, V) širi adijabatski:

$$pV_o^\gamma = p_o V^\gamma$$ **(2 boda)**

Konačni volumen plina je: $$V = V_o\left(\frac{p}{p_o}\right)^{1/\gamma} = V_o\left(1 + \frac{\Delta p}{p_o}\right)^{1/\gamma} = V_o\left(1 + \frac{mv^2(\gamma - 1)}{2V_o p_o}\right)^{1/\gamma}$$ **(2 boda)**

2. zadatak (19 bodova)

$S = 0.001\ \text{m}^2$, $m = 0.01$ kg, $c = 4190$ J/(kgK), $\lambda = 2.26 \cdot 10^6$ J/kg, $\rho = 1000$ kg/m^3, $P = 500$ W, $\Delta t = 80$°C, $p_o = 10^5$ Pa, $M = 18$ g/mol, R = 8.314 J/(molK), T = 373.15 K

U početnom trenutku klip je u odnosu na dno posude na visini:

$$h_o = \frac{m}{S\rho} = 0.01\text{m} = 1\text{cm}$$

Klip se počinje gibati prema gore tek kada voda počne isparavati. Vrijeme potrebno da se sva voda u posudi zagrije na 100°C ($T = 373.15$ K):

$$t_1 = \frac{Q}{P} = \frac{mc\Delta t}{P} = \frac{3352\text{J}}{500\text{W}} = 6.704\text{s}$$ **(1 bod)**

Dakle u $t = 5$ s klip miruje na visini $h_o = 0.01\text{m}$ **(2 boda)**

U trenutku t_1 voda je počela isparavati i klip se počeo gibati prema gore. Između trenutka t_1 i $t_2 = 10$ s masa vode koja ispari je:

$$m_1 = \frac{Q}{\lambda} = \frac{P(t_2 - t_1)}{\lambda} = \frac{1648\text{J}}{2.26 \cdot 10^6\ \text{J/kg}} = 0.729\text{g}$$ **(1 bod)**

Visina stupca vode koja je isparila je:

(*) $$h_1 = \frac{m_1}{\rho S} = 0.729\text{mm}$$

Nastali plin smatrat ćemo idealnim i zbog stalnog povećavanja broja molova volumen plina će se povećavati i to izobarno. Budući da masu klipa možemo zanemariti, tlak plina u posudi jednak je atmosferskom tlaku p_o. **(1 bod)**

Volumen plina u trenutku $t_2 = 10$ s:

$$V = \frac{nRT}{p_o} = \frac{m_1}{M}\frac{RT}{p_o} = \frac{0.729\text{g} \cdot 8.314\text{J/(kgK)} \cdot 373.15\text{K}}{18\text{g/mol} \cdot 10^5\,\text{Pa}} = 0.001257\text{m}^3$$ **(2 boda)**

što odgovara visini stupca plina $h = \frac{V}{S} = 1.257\text{ m}$

U odnosu na dno posude klip je u trenutku $t_2 = 10$ s na visini: $h - h_1 + \text{h}_\text{o} = 1.266\text{ m}$ **(2 boda)**

Vrijeme potrebno da sva voda temperature 100°C ispari:

$$t_3 = \frac{Q}{P} = \frac{m\lambda}{P} = \frac{22600\text{J}}{500\text{W}} = 45.2\text{s}$$ **(1 bod)**

U tom trenutku volumen plina i visina stupca plina su :

$$V_3 = \frac{nRT}{p_o} = \frac{m}{M}\frac{RT}{p_o} = \frac{10\text{g} \cdot 8.314\text{J/(kgK)} \cdot 373.15\text{K}}{18\text{g/mol} \cdot 10^5\,\text{Pa}} = 0.017235\text{m}^3,\ \ h_3 = \frac{V_3}{S} = 17.235\text{m}$$ **(1 bod)**

Sva voda ispari u trenutku t_1+t_3=51.904 s nakon početka zagrijavanja. Od tog trenutka pa do kraja zagrijavanja (60 s-51.904 s = 8.096 s) promatramo samo izobarno zagrijavanje plina.

$$Q = nC\Delta T = \frac{m}{M}C_p\Delta T$$ **(1 bod)**

Uzevši u obzir da je $$C_p = C_V + R = 4R$$ **(1 bod)**

$$Q = P \cdot 8.096\text{s} = 4048\text{J}$$ **(1 bod)**

$$\Delta V = \frac{mR}{Mp_o}\Delta T$$ **(1 bod)**

dobiva se:

$$\Delta V = \frac{QR}{C_p p_o} = \frac{4048}{4 \cdot 10^5}\text{m}^3 = 0.01012\text{m}^3$$

Tijekom zadnjih 8.096s klip se podigne za

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = 10.12\text{m}$$ **(2 boda)**

pa je na kraju zagrijavanja, u t = 60 s, klip na visini $\Delta h + h_3 = 27.355\text{m}$ **(2 boda)**

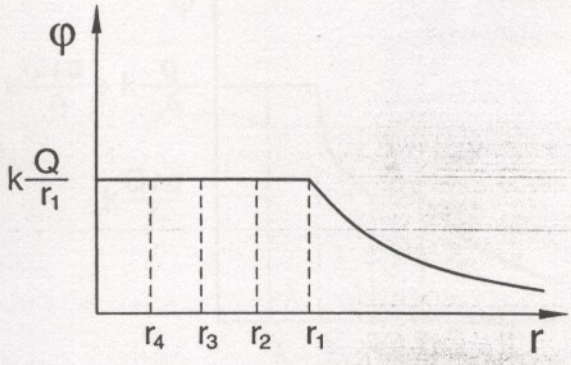
3. zadatak (18 bodova)

a) Sav naboj početno je raspoređen jednoliko po vanjskoj površini kugle pa je:

$$\sigma_A = \frac{Q}{4\pi r_1^2}$$ **(1 bod)**

$$\sigma_B = 0$$ **(1 bod)**

Graf:



(2 boda)

b1) Naboji unutar vodiča će se rasporediti tako da unutar vodiča električno polje bude nula. Vrijedi:

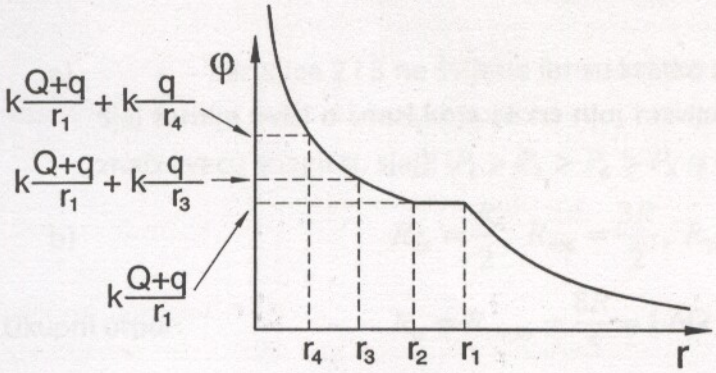
$$Q = Q_A + Q_B$$ **(1 bod)**

$$Q_B = -q$$ **(1 bod)**

pa su površinske gustoće: $$\sigma_A = \frac{Q+q}{4\pi r_1^2}$$ **(1 bod)**

i $$\sigma_B = \frac{-q}{4\pi r_2^2}$$ **(1 bod)**

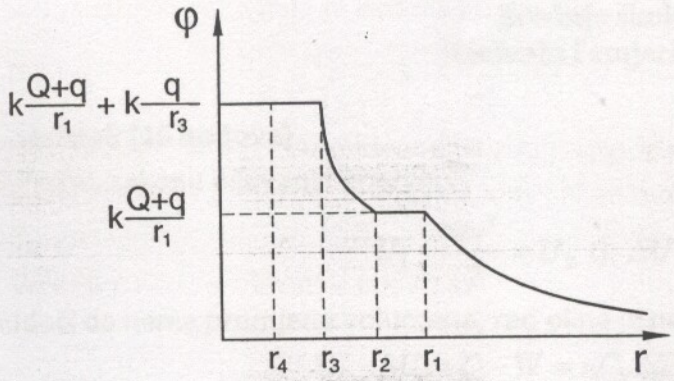
Graf:



(3 boda)

b2) Vrijede iste jednadžbe za površinsku gustoću kao u b1) **(3 boda)**

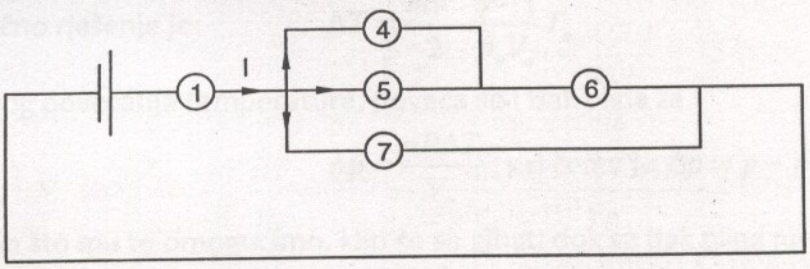
Graf:



(4 boda)

4. zadatak (17 bodova)

Ekvivalentni strujni krug je:



(2 boda)

a) Žaruljice 2 i 3 ne svijetle jer su kratko spojene! **(2 boda)**

Sjaj žarulje ovisi o snazi koja se na njoj razvija (budući da su otpori žaruljica jednaki, veća struja znači i veću snagu tj. sjaj): $P_1 > P_7 > P_6 > P_4 = P_5$ **(3 boda)**

b) $R_{45} = \frac{R}{2},\ R_{456} = \frac{3R}{2},\ R_{7456} = \frac{3R}{5}$ **(1 bod)**

Ukupni otpor: $R_u = R_{17456} = \frac{8R}{5} = 1.6\Omega$ **(1 bod)**

Jakost struje: $I = \frac{U}{R_u} = 1.5\text{A}$ **(1 bod)**

Rješavanjem sustava: $I_7 R = I_{456}\frac{3R}{2}$ **(1 bod)**

$I = I_7 + I_{456}$ **(1 bod)**

dobije se struja kroz žaruljicu 6: $I_{456} = \frac{2}{5}I = 0.6A$ **(2 boda)**

c) Svijetle samo žaruljice 1 i 7 i to jednako jer je $P_1 = P_7$ **(3 boda)**

DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE
Korčula, 13.-16. svibnja 2012.

Srednje škole – 2. skupina

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

Određivanje unutarnjeg otpora izvora struje

Pribor: Baterija(4.5 *V*) , serijski spoj otpornika (18 Ω , ~~38~~ 39 Ω , 56 Ω) , voltmetar (15 *V*) , žice za spajanje milimetarski papir

Zadatak :

1. Odredite unutarnji otpor baterije
2. Prikažite grafički ovisnost pada napona na polovima izvora o jakosti struje u krugu i odredite unutarnji otpor grafičkom metodom

U sklopu zadatka treba:

a) Nacrtati shemu strujnog kruga te opisati i objasniti postupak mjerenja potrebnih veličina za izvršenje zadatka (5 bodova)

b) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti unutarnji otpor izvora (5 bodova)

c) Napraviti najmanje 5 mjerenja , podatke prikazati tablično , odrediti srednju vrijednost unutarnjeg otpora i odstupanja od srednje vrijednosti (10 bodova)

d) Na milimetarskom papiru nacrtati graf ovisnosti pada napona na polovima baterije o jakosti struje u krugu i odrediti unutarnji otpor izvora grafičkom metodom (10 bodova)

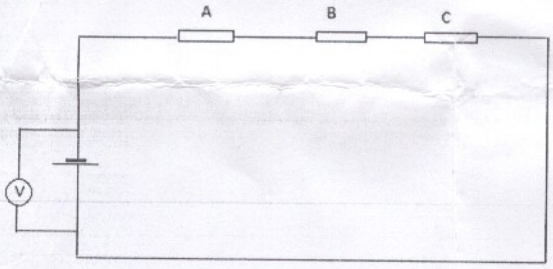
DRŽAVNO NATJECANJE I SMOTRA IZ FIZIKE

Korčula, 13.-16. svibnja 2012.

Srednje škole – 2. skupina

Rješenje eksperimentalnog zadatka i smjernice za bodovanje

a) Strujni krug treba sastaviti prema shemi



Prema Ohmovu zakonu za cijeli strujni krug jakost struje u strujnom krugu *I* jest $I = \frac{E_{ms}}{R_U + R}$ (1)

Gdje je E_{ms} elektromotorni napon izvora , R_U unutarnji otpor izvora ,a R vanjski otpor.

Napon na polovima baterije je $U = E_{ms} - IR_U$ (2). **(5 bodova)**

b) Kombiniranjem izraza (1) i (2) dobivamo (3) $R_U = R\left(\frac{E_{ms}}{U} - 1\right)$, dakle mjerenjem elektromotornog napona E_{ms} i napona na polovima baterije U i uz poznati vanjski otpor R možemo odrediti unutarnji otpor baterije R_U. **(5 bodova)**

c) Više mjerenja napravimo tako da kombiniramo otpornike A,B i C (18 Ω , ~~38~~ 39 Ω , 56 Ω). Budući da su otpori spojeni serijski moguće je dobiti šest različitih vrijednosti vanjskih otpora. Pomoću izraza (3) možemo odrediti unutarnji otpor baterije. Podatke prikažemo tablično

Br. mj.	E_{ms}/V	U/V	R/Ω	R_U/Ω	ΔR_U/Ω

(10 bodova)

d) Da bi nacrtali graf ovisnosti napona na bateriji *U* o jakosti struje trebamo odrediti jakost struje *I*. Koristimo Ohmov zakon $I = \frac{U}{R}$ i za svaku vrijednost vanjskog otpora *R* odredimo *I*. Dobivene vrijednosti prikažemo na *U-I* grafu.

Iz jednadžbe $U = -R_U I + E_{ms}$ vidimo da je dobiveni graf pravac , a nagib tog pravca jednak je $-R_U$.

Nacrtamo graf , odredimo nagib pravca i unutarnji otpor baterije. **(10 bodova)**