

ZOLANIJSKO NAJECANJE IZ FIZIKE 2003. – 2. GRUPA

Zadatak 1 (12 bodova)

U zatvorenoj posudi volumena V_0 nalazi se zrak pri tlaku od $p_0 = 1$ bar. Posuda je s cijevi spojena s klipnom pumpom čiji je maksimalni volumen $V = V_0 / 100$. Pumpom ispumpavamo zrak iz posude tako da klip iz početnog položaja (koji odgovara minimalnom volumenu pumpe, koji je nula) pomičemo do položaja koji odgovara maksimalnom volumenu pumpe. Prilikom smanjivanja volumena pumpe, ventil na cijevi ne dozvoljava povratak zraka u posudu, već se zrak izbacuje u okolinu. Time je završen jedan ciklus ispumpavanja. Svi procesi događaju se na stalnoj temperaturi.

a) Koliki je tlak p_a u posudi nakon $h = 100$ ciklusa ispumpavanja?

b) Nakon ispumpavanja i uz tlak u posudi jednak onome iz a) dijela zadatka, vrši se upumpavanje okolnog zraka u posudu. Sada se mijenja smjer djelovanja ventila i prilikom smanjivanja volumena pumpe zrak ulazi u posudu, a pri povećanju volumena pumpe ventil ne dopušta izlazak zraka iz posude. Koliki je konačan tlak p_b u posudi nakon $m = 100$ upumpavanja?

Zadatak 2 (10 bodova)

U praznoj kuhinji dimenzija $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ nalazi se samo hladnjak dimenzija $0,6 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Temperatura zraka u kuhinji je $t_k = 23^\circ\text{C}$, a zraka u hladnjaku $t_h = 6^\circ\text{C}$. Hladnjak se uključuje ako je temperatura unutar njega viša od 6°C .

a) Isključimo hladnjak i otvorimo vrata hladnjaka. Kolika je temperatura zraka u kuhinji nakon postizanja toplinske ravnoteže?

b) Hladnjak ostaje uključen i otvorimo vrata hladnjaka. Ako je snaga motora hladnjaka $P = 200 \text{ W}$, kolika je ravnotežna temperatura u kuhinji jedan sat nakon otvaranja vrata hladnjaka?

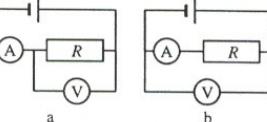
Gustoća zraka je $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, a toplinski kapacitet zraka je $c = 1020 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. U rješavanju zadatka kuhinju smatrati izoliranim sustavom (ne izmjenjuje toplinu s okolinom), postizanje toplinske ravnoteže unutar kuhinje je jako brzo, a promjenu gustoće zraka s temperaturom zanemarite.

Zadatak 3 (10 bodova)

Prepostavite da je iz jedne kišne kapi promjera $d = 2 \text{ mm}$ moguće sve elektrone udaljiti na beskonačnu udaljenost od Zemlje, a preostale protone jednoliko razmjestiti po površini Zemlje. Koliki bi tada bio električni potencijal Zemlje? Gustoća vode je $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, redni broj vodika u periodnom sustavu je 1, a kisika 8. Avogadrov broj je $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, molarna masa vode je $M = 18 \text{ g/mol}$, dielektrična konstanta vakuum je $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, naboj elektrona je $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, a polujmer Zemlje je $R_Z = 6400 \text{ km}$.

Zadatak 4 (8 bodova)

Mjerenje iznosa nepoznatog otpora R vrši se na dva načina, prikazana na slikama a i b. U slučaju a, ampermetar pokazuje jakost struje $I_a = 1,9 \text{ A}$, a voltmeter napon od $U_a = 47,5 \text{ V}$, dok u spoju na slici b ampermetar pokazuje jakost struje od $I_b = 1,75 \text{ A}$, a voltmeter napon od $U_b = 48,5 \text{ V}$.



Ako napon baterije ne ovisi o struji koju daje, odredite iznos nepoznatog otpora R .

Zadatak 5 (10 bodova)

Elektrostatski voltmeter koristi se za mjerenje napona na velikim otporima (reda $\text{M}\Omega$ i više), kada je unutarnji otpor klasičnih voltmetera sa zavojnicom premalen. Njegova principijelna shema dana je na slici: dvije jednake metalne ploče, od kojih je donja nepomična, a gornja visi na opruzi i uvijek je paralelna donjoj ploči.



a) Što će se i zašto dogoditi ako na ploče voltmетra priključimo istosmjerni električni napon?

b) Koliko je opterećenje izvora istosmjernog napona (tj. kolika struja teče kroz voltmeter) u ravnotežnom stanju?

c) Ako je površina jedne ploče $S = 100 \text{ cm}^2$, početni razmak ploča prije priključenja napona $d = 3 \text{ mm}$, nakon priključenja napona razmak je $d_1 = 2,5 \text{ mm}$, a konstanta opruge $k = 0,01 \text{ N/m}$, koliki je iznos priključenog istosmjernog napona U ?

Rezultati zadataka 2. grupe (2003) i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (12 bodova)

a) Prije početka pumpanja vrijedi jednadžba stanja idealnog plina na nekoj temperaturi T_0 , $p_0 V_0 = n_0 R T_0$, gdje je n_0 množina zraka u posudi. (1)

Nakon prvog otpumpavanja, a prije zatvaranja ventila, tlak u posudi i pumpi je

$$p_1 = \frac{n_0 R T_0}{V_0 + V} = \frac{p_0 V_0}{V_0 + V}, \quad (1)$$

i taj tlak ostaje u posudi i nakon zatvaranja ventila, a u posudi ostaje množina plina $n_1 = \frac{p_1 V_0}{R T_0} = \frac{p_0 V_0^2}{(V_0 + V) R T_0}$. (1)

Nakon završetka i -tog ciklusa pumpanja, tlak u posudi je $p_i = \frac{p_0 V_0^i}{(V_0 + V)^i}$, (1)

$$\text{a množina plina preostala u posudi je } n_i = \frac{p_0 V_0^{i+1}}{(V_0 + V)^i R T_0}. \quad (1)$$

$$\text{Nakon } h = 100 \text{ ispumpavanja, tlak u posudi je } p_a = \frac{p_0 V_0^h}{(V_0 + V)^h} = \frac{p_0}{(1 + V/V_0)^h} = 0,3697 \text{ bar.} \quad (3)$$

$$\text{b) Svakim upumpavanjem se u posudu ubacuje množina plina } n = \frac{p_0 V}{R T_0}, \quad (1)$$

$$\text{tako da je nakon } m = 100 \text{ upumpavanja količina plina u posudi } n_m = n_a + m n, \quad (1)$$

$$\text{a tlak u posudi je } p_b = \frac{n_m R T_0}{V_0} = [1/(1 + V/V_0)^h + m V/V_0] p_0 = 1,3697 \text{ bar.} \quad (2)$$

Zadatak 2 (10 bodova)

a) Otvaranjem vrata, dolazi do izjednačavanja temperatura zraka iz kuhinje i hladnjaka. Kako je masa zraka u određenom prostoru dana kao umnožak gustoće zraka i volumena tog prostora, ravnotežna temperatura je $t_a = \frac{V_k t_k + V_h t_h}{V_k + V_h} = 22,87^\circ \text{C}$, (3)

gdje je $V_h = 0,3 \text{ m}^3$ volumen zraka u hladnjaku, a $V_k = 39,7 \text{ m}^3$ volumen zraka u kuhinji (bez volumena zraka u hladnjaku!). (1)

b) Početna temperatura zraka je t_a , a kako nema izmjene topline s okolinom, već kuhinja i hladnjak čine zatvoren sustav, svojim radom motor hladnjaka unosi količinu topline $Q = P\tau$, gdje je $\tau = 3600 \text{s}$. (2)

Kako je masa cijelokupnog zraka u kuhinji $m = \rho(V_k + V_h)$, (1)

tada iz $mc(t_b - t_a) = Q$ slijedi (1)

$$t_b = \frac{Q}{mc} + t_a = \frac{P\tau}{\rho(V_k + V_h)c} + t_a = 37,58^\circ \text{C.} \quad (2)$$

Zadatak 3 (10 bodova)

Potencijal Zemlje je $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_Z}$, gdje je Q ukupni naboj preostalih protona. (1)

Broj molekula vode u kišnoj kapi je $N = \mu N_A = \rho V / M$, gdje je μ množina vode, a $V = 4\pi(d/2)^3 / 3$ volumen kišne kapi. (3)

U jednoj molekuli vode ima $b = 10$ elektrona (2 od vodika i 8 od kisika), (1)

pa je ukupni naboj preostalih protona $Q = Nb|e|$. (2)

$$\text{Tada je potencijal Zemlje } U = \frac{a \rho IV_A B |e|}{24M\epsilon_0 R_Z} = 315024 \text{ V.} \quad (3)$$

Zadatak 4 (8 bodova)

Realni ampermetar predočujemo serijskim spojem idealnog ampermetra (unutarnjeg otpora nula) i otpora R_A (unutarnji otpor ampermetra), a realni voltmeter paralelnim spojem idealnog voltmetra (beskonačnog unutarnjeg otpora) i otpora R_V (unutarnji otpor ampermetra). Takvim prikazom dobivamo odgovarajuće sheme spojeva a i b.

(2)

Ako je napon baterije E , tada je u spoju sa slike a) $E - U_a = I_a R_A$, a u spoju sa slike b) je $E = U_b = I_b (R_A + R)$.

(3)

Eliminacijom unutarnjeg otpora ampermetra iz druge jednadžbe dobivamo

$$R = \frac{U_b}{I_b} - \frac{U_b - U_a}{I_a} = 25 \Omega. \quad (3)$$

Zadatak 5 (10 bodova)

a) Priključenjem istosmernog napona, na pločama (koje predstavljaju pločasti kondenzator) se nalaze raznoimeni naboji i ploče se privuku.

(1)

b) Opterećenje izvora je nula, jer istosmerna struja ne teče kroz kondenzator.

(1)

c) Električno polje između ploča kondenzatora je $E = Q / (\epsilon_0 S)$, gdje je $Q = CU$ naboј na ploči.

(1)

Elektrostatska sila između ploča kondenzatora je $F_E = EQ / 2 = Q^2 / (2\epsilon_0 S)$,

(2)

i ta je sila uravnotežena povratnom silom opruge $F_O = k(d - d_1)$.

(2)

Kako je u ravnoteži $F_E = F_O$, za napon se dobiva

$$U = \sqrt{\frac{2k(d - d_1)}{\epsilon_0 S}} d_1 = 26,57 \text{ V.} \quad (2)$$