DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE, Vinkovci 02.-05. svibanj 2017.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (16 bodova)

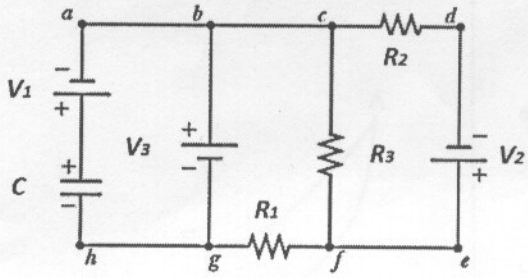
Kuglica nabijena pozitivnim nabojem i mase m = 1,0 g počinje padati iz stanja mirovanja, u vakuumu, s visine h = 5,00 m, u vertikalnom jednolikom električnom polju $E = 1{,}00\times10^4$ N/C. U trenutku pada na tlo kuglica ima brzinu v = 21,0 m/s. Odredite:

a) Smjer električnog polja;
b) Naboj na kuglici;
c) Ukoliko kuglica pada kroz nevodljivu tekućinu gustoće 0,88 kg/dm^3, bez viskoznog trenja u istom električnom polju i padne na tlo brzinom za trećinu manjom u odnosu na pad u vakuumu, odredite polumjer kuglice.

2. zadatak (15 bodova)

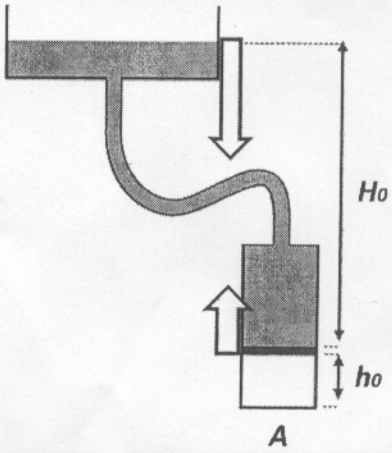
Vrijednosti komponenata koje čine strujni krug (vidi slika) su: V_1 = 3,00 V; C = 6,00 μF; $R_1 = R_2$ = 5,00 Ω; R_3 = 3,00 Ω; V_2 = 4,00 V; V_3 = 8,00 V. Odredite struju koja, nakon 10 s poslije spajana sklopa, teče kroz:

a) granu *de*;
b) otpornik R_3;
c) grane *bg* i *ah*.
d) Nađite naboj na kondenzatoru.



3. zadatak (22 bodova)

Uređaj prikazan na slici sastoji se od cilindra s klipom površine A = 100 cm^2 zanemarive mase i debljine, koji kliže bez trenja. Klip zatvara dvoatomni idealni plin na temperaturi T = 20°C u cilindru. Iznad klipa se nalazi živa koja je s cijevi spojena s otvorenom posudom (iznad površine je atmosferski tlak). Početni položaj klipa nalazi se na visini h_0 = 10 cm od tla a visina žive je H_0 = 2m od klipa. Cilindar u kojem se nalazi plin termički je izoliran od okoline. U cilindru se nalazi maleni grijač, zanemarivog volumena, koji u trenutku t = 0 počinje grijati konstantnom snagom od P = 2 W. Uslijed prijenosa toplinske energije klip se počinje dizati.



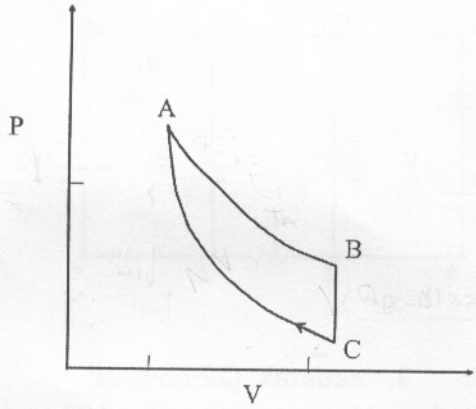
Pomoću mehaničkog uređaja posuda sa živom se spušta tako da se razina površine žive spusti efektivno 9 mm za svaki milimetar za koji se podigne klip.
Mehanički uređaj i grijač se isključe u trenutku kada se volumen plina udvostručio. Proces je dovoljno spor da se može pretpostaviti da je pretvorba gotovo statična.

a) Izračunajte termodinamičke parametre za početno stanje (p, V, T) plina u cilindru.
b) Izračunajte termodinamičke parametre za konačno stanje plina u cilindru.
c) Odredite funkciju $p(V)$ koja opisuje proces, izračunajte glavne parametre koji ju definiraju i prikazati na pV dijagramu.
d) Izračunajte Q, ΔU i W u pretvorbi.
e) Izračunajte koliko vremena traje pretvorba.
f) Izvedite ovisnost temperature o volumenu i početnim parametrima izračunajte maksimalnu temperaturu koju postiže plin i vrijednost volumena za koju se to postiže.

4. zadatak (17 bodova)

Količina n = 1,2 mola jednoatomnog idealnog plina, uz pomoć dva idealna izvora temperature T_A = 600K i T_C = 300K, prolazi kroz termodinamički ciklus prikazan u slici. Pretvorba AB je izotermna i reverzibilna, pri temperaturi T_A; BC je izohorna ireverzibilna pretvorba (ali gdje rad W = 0) izvedena stavljajući plin u kontakt s izvorom T_C; CA je adijabatska reverzibilna pretvorba. Ukoliko je p_A = 8x10^5 Pa, izračunajte:

a) Volumen V_C;
b) Rad obavljen u jednome ciklusu;
c) Učinkovitost ciklusa;
d) Promjenu entropije „termodinamičkog svemira" (sustav + okoliše), tijekom ciklusa.



Napomena: Rješenja zadataka moraju se izraziti s tri značajne znamenke i u SI jedinicama.

Vrijednosti fizikalnih konstanti (vrijedi za sve zadatke):

Plinska konstanta R = 8,314 JK^{-1}mol^{-1}

Koeficijent adijabatske ekspanzije:

- jednoatomni plin γ=1,67
- dvoatomni plin γ=1,4

Atmosferski tlak, p_{atm}= 1 atm = 101325 Pa.

Gustoća žive ρ_{Hg} = 13 546 kg/m³

Ubrzanje sile teže g = 9,81 m/s2.

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (16 bodova)

Kuglica ima konstanto ubrzanje zbog djelovanja sile teže i električnog polja. Zbog toga vrijedi sljedeće:

$$v_k^2 = v_p^2 + 2a(x_k - x_p)$$

$$v_k^2 = 0 + 2a(x_k - x_p)$$

$$a = \frac{v_k^2}{(2h)}$$ **(2 boda)**

U smjeru gibanja, sila se može izraziti:

$$-ma = -F_g + |F_e| = -mg + |qE| = -\frac{mv_k^2}{(2h)}$$ **(2 boda)**

$$q|E| = mg - \frac{mv_k^2}{(2h)}$$ **(2 boda)**

a) Znajući da bi samo ubrzanje od gravitacije izazvalo konačnu brzinu iznosa:

$$v_k^2 = v_p^2 + 2g(x_k - x_p)$$

$$v_k = \sqrt{2gh} = 9{,}90\ m/s$$ **(1 bod)**

očito je, a da bi se postigla konačna brzina od 21,0 m/s, da električno polje *E* mora biti usmjereno u smjeru sile teže, budući da je naboj kuglice pozitivan. **(2 boda)**

b) Naboj na kuglici je:

$$q = \frac{m}{E}\left(\frac{v_k^2}{(2h)} - g\right) = 3{,}43\ \mu C$$ **(2 boda)**

c) Ukoliko je kuglica uronjena u tekućinu gustoće 0,88 kg/dm^3 (zanemarujući viskozno trenje) mora se uzeti u obzir i sila uzgona:

$$-ma = -F_g - F_e + F_u = -mg - qE + \rho g V = -\frac{mv_k^2}{(2h)}$$ **(2 boda)**

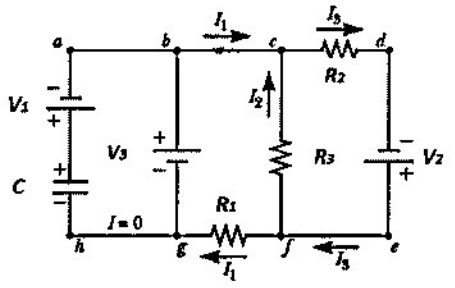
gdje V je ukupni volumen uronjene kuglice u tekućini:

Znajući da je $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, dobije se:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\rho\pi}\left[1 - \frac{v_k^2}{(2hg)} + \frac{qE}{mg}\right]} = 8{,}78 \cdot 10^{-3} m$$ **(3 boda)**

2. zadatak (15 bodova)

a) Primjenjujući Kirchhoffovo pravilo za čvor *c* i uzimajući u obzir smjer struja kako naveden u slijedećoj figuri:



$I_1 = I_3 - I_2$ **(1 bod)**

Kirchhoffovo pravilo za petlju *gbcfg* vrijedi:

$+8{,}00V + 3{,}00\Omega\, I_2 - 5{,}00\Omega\, I_1 = 0$ **(1 bod)**

A za petlju *fcdef* vrijedi:

$-3{,}00\Omega\, I_2 - 5{,}00\Omega\, I_3 + 4{,}00V = 0$ **(1 bod)**

Iz čega slijedi da je $I_3 = +1{,}02\, A$ **(2 boda)**

b) Također, od prethodni jednadžbi dobije se $I_2 = -0{,}364\, A$ **(2 boda)**

c) Iz prve jednadžbe dobiva se $I_1 = +1{,}38\, A$, koja teče u granu *bg*. **(2 boda)**

Kada je kondenzator u potpunosti nabijen (zašto je spojen na napon od 10 s) struja koja teče kroz njega i granu *ah* je $I = 0$. **(2 boda)**

d) Uzimajući u obzir petlju *hgbak* može se izračunati napon na pločama kondenzatora.

$\Delta V_{hk} = +8{,}00V + 3{,}00 I_2 = 11V$ **(2 boda)**

Iz čega proizlazi da je naboj na kondenzatoru:

$Q = C_{hk}\Delta V_{hk} = (11V)(6{,}00\mu F) = 66{,}0\mu C$ **(2 boda)**

3. zadatak (22 bodova)

a) U početnom stanju temperatura plina je T_p = 293,15 K, volumen je $V_k = A*h$ = 1000 cm^3, a početni tlak je:

$p_p = p_{atm} + \rho_{Hg} g H_0 = 367\ kPa$ **(2 boda)**

b) Konačni volumen je $V_k = 2V_p$ = 2000 cm^3, što znači da će se klip podignuti za Δh = 10cm a površina žive se spustiti za 9Δh, iz čega slijedi da je promjena visine žive je ΔH = -10 Δh. Konačna visina žive je $H_k = H_0 + \Delta H$ = 1m, a tlak:

$$p_k = p_{atm} + \rho_{Hg} g H_f = 234\ kPa$$ **(2 boda)**

Iz jednadžbe idealnog plina dobije se temperatura:

$$\frac{p_k V_k}{T_k} = \frac{p_p V_p}{T_p} \Rightarrow T_k = \frac{p_k V_k}{p_p V_p} T_p = 374\ K$$ **(2 boda)**

c) Promjena volumena je $\Delta V = A\Delta h$ a promjena tlaka vezana uz promjenu visine žive je:

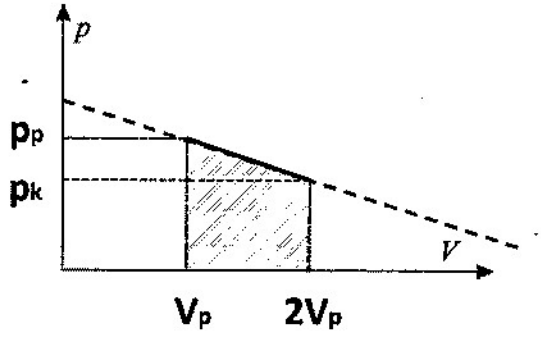
$$\Delta p = \rho_{Hg} g \Delta H = -10 \rho_{Hg} g \Delta h$$

što znači da vrijedi odnos

$$\frac{\Delta p}{\Delta V} = -k \qquad sa\ k = \frac{10 \rho_{Hg} g}{A} = 1{,}33 \times 10^{-8} Pa/m^3$$ **(2 boda)**

Pretvorba grafički može prikazati kao pravac koji prolazi kroz (V_p,p_p) i koeficijenta smjera $-k$.

$$p - p_p = -k(V - V_k) \Rightarrow p(V) = -kV + p_p + kV_p$$ **(2 boda)**



d) Rad je jednak površini ispod pravca prikazanog na slici:

$$W = \frac{p_p + p_k}{2}(2V_p - V_p) = \frac{p_p + p_k}{2} V_p = 301 J$$ **(2 boda)**

Promjena unutarnje energije je:

$$\Delta U = n c_v \Delta T = \frac{5}{2}(2p_k - p_p) V_p = 253\ J$$ **(2 boda)**

Dakle ukupna izmijenjena toplina je:

$$Q = \Delta U + W = 554\ J$$ **(2 boda)**

e) Budući da se toplina predaje konstantnom snagom, vrijeme trajanja pretvorbe je:

$$\Delta t = P/Q = 277 s$$ **(2 boda)**

f) Uzimajući u obzir jednadžbu idealnog plina i ovisnost tlaka o volumenu:

$$T(V) = \frac{pV}{nR} = \frac{T_p}{V_p p_p}(-kV^2 + (p_p + kV_p)V)$$ **(2 boda)**

To je jednadžba parabole okrenute prema dolje:
Iz jednadžbe $y(x) = ax^2 + bx + c$ proizlazi da je položaj tjemena parabole je: $x_V = -b/(2a)$, $y_V = -\Delta/(4a)$.
Dakle:

$V(T_{max}) = 1{,}88 \times 10^{-3} m^3$
$T_{max} = 375\ K$ **(2 boda)**

4. zadatak (17 bodova)

a) Iz jednadžbe idealnog plina slijedi:

$$V_A = \frac{nRT_A}{p_C} = 0{,}00748\ m^3$$ **(2 boda)**

Uzimajući u obzir da se radi o jednoatomnom plinu $\gamma = 1{,}6$ i budući da je pretvorba CA adijabatska, slijedi:

$$V_C = V_A \left(\frac{T_A}{T_C}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 0{,}0211\ m^3$$ **(2 boda)**

b) Rad obavljen u izotermnom ciklusu je jednak izmijenjenoj toplini i uzimajući u obzir da $V_C = V_B$:

$$W_{AB} = Q_{AB} = nRT_A ln\frac{V_C}{V_A} = 6193\ J$$ **(2 boda)**

Međutim u adijabatskoj pretvorbi:

$$W_{CA} = -\Delta U_{CA} = -nc_v(T_A - T_C) = -4490 J$$ **(2 boda)**

Dakle ukupni obavljeni rad je:

$$W = W_{AB} + W_{CA} = 1703 J$$ **(2 boda)**

c) Iz čega proizlazi učinkovitost:

$$\eta = \frac{W}{Q_{AB}} = 0{,}275\ ili\ 27{,}5\%$$ **(2 boda)**

d) Promjena entropije svemira (sistem + okoliše) u slučaju da bi ciklus bio reverzibilan bila bi nula ali u ovom slučaju ima se da proces BC je ireverzibilan, slijedi da entropija svemira poveća se. Znajući da promjena entropije sustava tijekom ciklusa je nula (sistem se vrati u početno stanje) slijedi da promjena entropije „termodinamičkog svemira" tijekom ciklusa izazvana je promjenom entropije dva izvora topline.
Ako se uzme u obzir da toplina prenošena u izohornom procesu je:

$$Q_{BC} = nc_v(T_C - T_A)$$ **(2 boda)**

Promjena ukupne entropije je, ako označimo sa ΔS^* promjenu entropije izvora:

$$\Delta S_{svemira} = \Delta S^*_{AB} + \Delta S^*_{BC} = -\frac{Q_{AB}}{T_A} - \frac{Q_{BC}}{T_C} = 4{,}64\ J/K$$ **(3 boda)**

EKSPERIMENTALNI ZADATAK- 2.razred

Određivanje mase zrna sačme i gustoće sačme

Pribor: Plastična posuda s vodom, epruveta, sačma , ravnalo

Zadatak :

1. Odredite prosječnu masu zrna sačme
2. Odredite gustoću materijala od kojeg je napravljena sačma

U sklopu zadatka treba:

a) Objasniti teorijsku podlogu mjerenja (10 bodova)

b) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti prosječnu masu zrna sačme i gustoću materijala sačme (10 bodova)

c) Napraviti 5 mjerenja , podatke prikazati tablično , odrediti prosječnu masu zrna sačme , srednju vrijednost gustoće materijala sačme. (10 bodova)

Koristite podatak za gustoću vode 1000 kg/m^3.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA- 2.razred

1. ***Određivanje prosječne mase zrna sačme***

a) Zabilježimo razinu vode u čaši , a zatim u čašu s vodom stavimo epruvetu u koju smo stavili malo sačme (na primjer N_1 =50 zrna sačme) ponovo zabilježimo razinu vode. Pomoću ravnala izmjerimo razliku visina. Razliku visina vode prve i druge oznake označit ćemo s Δh_1. **(2 boda)**

Pomoću ravnala izmjerimo polumjer čaše R. **(2 boda)**

Budući da epruveta sa sačmom miruje uzgon koji djeluje na epruvetu jednak je sili teži , odnosno:

$(N_1 m + m_E)g = \rho g R^2 \pi \Delta h_1$ **(2 boda)**

, gdje je m masa zrna sačme , m_E masa epruvete , a ρ gustoća vode.

b) Zatim u epruvetu dodajemo još nekoliko zrna sačme (na primjer 25 , tako da je $N_2 = 75$) i ponovo zabilježimo razinu vode. Razliku visine u odnosu na početnu označimo Δh_2. Sada vrijedi:

$(N_2 m + m_E)g = \rho g R^2 \pi \Delta h_2$. **(2 boda)**

Kombinirajući gore navedene relacije dobivamo za masu zrna sačme m :

$m = \frac{\rho R^2 \pi (\Delta h_2 - \Delta h_1)}{\Delta N}$ **(2 boda)**

, gdje je $\Delta N = N_2 - N_1$.

Više mjerenja napravimo tako da povećavamo broj zrna sačme u epruveti (na primjer dodajemo po 25 zrna) i bilježimo promjene visine razine vode. **(5 bodova)**

2. ***Određivanje gustoće materijala sačme***

Da bi odredili gustoću materijala sačme potrebno je odrediti volumen zrna sačme. U tu svrhu ćemo epruvetu napuniti vodom , zabilježiti razinu i dodati veći broj zrna sačme u epruvetu (na primjer 120 zrna sačme) . **(2 boda)**

Razina vode u epruveti će se podignuti i zabilježit ćemo razliku visina Δh. **(2 boda)**

Pomoću ravnala odredimo polumjer epruvete r , a iz polumjera odredimo volumen sačme :

$V_s = r^2 \pi \Delta h$ i volumen jednog zrna sačme $V = \frac{r^2 \pi \Delta h}{120}$. **(4 boda)**

Iz mase zrna sačme i volumena zrna sačme odredimo gustoću materijala sačme prema:

$\rho_s = \frac{m}{V}$. **(2 boda)**

Napravimo 5 mjerenja i odredimo srednju vrijednost gustoće. **(5 bodova)**