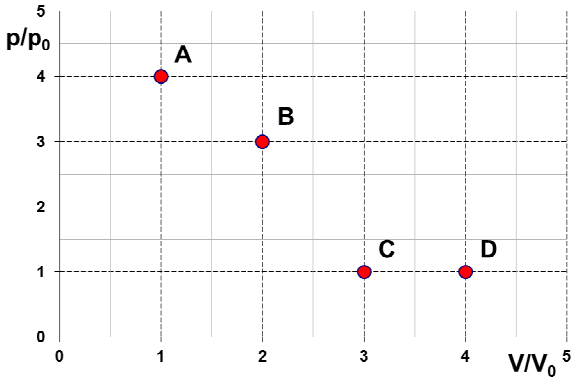
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/12 – 29. veljače 2012.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (8 bodova)
U posudi volumena V nalazi se idealni plin. Pomoću pumpe želimo postići što manji tlak u posudi. Jednim ispumpavanjem izbaci se plin volumena ΔV. Koliko puta se tlak u posudi smanji nakon n ispumpavanja? Pretpostavite da je proces ispumpavanja izoterman.

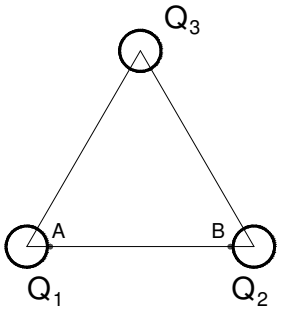
2. zadatak (11 bodova)
Homogeni drveni štap spušta se vertikalno u jezero i na taj način se izmjeri da je dubina jezera 4.5 m. Izračunajte koliki je najmanji rad potrebno za to obaviti. Duljina, masa i gustoća štapa su 5 m, 4 kg i 800 kg/m^3. Gustoća jezera je 1000 kg/m^3.

3. zadatak (11 bodova)
U eksperimentu su jednoatomnom idealnom plinu mjereni volumen i tlak četiri puta. Vrijednosti su prikazane na grafu (točke A, B, C i D)



a) Označite na grafu stanje X u kojem plin ima isti volumen kao u stanju B i istu temperaturu kao u stanju A.
b) Spojite točke B i C ravnom crtom i pretpostavite da ona predstavlja prijelaz iz stanja B u C. Koliko je u tom slučaju plin izmijenio topline s okolinom pri prijelazu iz B u C? Je li toplinu plin primio ili dao? $C_V=(3/2)R$

4. zadatak (9 bodova)
Tri jednake kugle od izolatora nabijene su jednoliko nabojima Q_1 = 60 nC, Q_2 = 80 nC i Q_3 = 100 nC. Polumjer svake kugle je r = 10 cm. Kugle miruju u horizontalnoj ravnini tako da su im središta u vrhovima jednakostraničnog trokuta čija je stranica 11r. Koliki je rad potrebno utrošiti da bi se prenijelo točkasti naboj q = 2 nC iz točke A u točku B? $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9\cdot 10^9 \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2}$

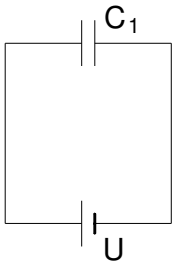


5. zadatak (11 bodova)

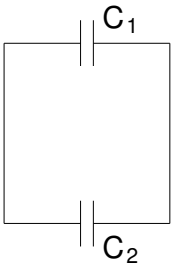
Prazni kondenzator kapacitet $C_1 = 4\ \mu F$ spoji se na bateriju od $U = 4$ V kao na slici (1). Zatim se odspoji od baterije i spoji s drugim praznim kondenzatorom kapaciteta $C_2 = 2\ \mu F$ kao na slici (2).

a) Izračunajte naboj i razliku potencijala među pločama kondenzatora C_2 dok je spojen kao na slici (2).

b) Koliki bi bio naboj na kondenzatoru C_2 da je prvom kondenzatoru nakon odspajanja od baterije, a prije spajanja s kondenzatorom C_2, udaljenost njegovih ploča smanjena dva puta?



(1)



(2)

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/12 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 2. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. zadatak (8 bodova)

Ukupna masa (i broj molova) plina su konstantni. Budući da se radi o idealnom plinu, nakon prvog izotermnog ispumpavanja vrijedi:

$$p_o V = p_1 (V + \Delta V)$$ **(2 boda)**

Nakon drugog ispumpavanja vrijedi:

$$p_1 V = p_2 (V + \Delta V)$$ **(2 boda)**

pa je tlak u posudi:

$$p_2 = p_1 \frac{V}{V + \Delta V} = p_o \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^2$$ **(1 bod)**

Analogno, nakon n-tog ispumpavanja:

$$p_n = p_o \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^n$$ **(2 boda)**

Nakon n ispumpavanja tlak se smanjio $\frac{p_o}{p_n} = \left(\frac{V + \Delta V}{V}\right)^n$ puta **(1 bod)**

2. zadatak (11 bodova)

H = 4.5 m, d = 5 m, m = 4 kg, ρ_d = 800 kg/m^3, ρ = 1000 kg/m^3, S je površina presjeka štapa

Sve dok je težina štapa veća od sile uzgona (koja se linearno povećava tijekom uranjanja) ne moramo obavljati rad. Neka je u trenutku izjednačavanja tih dviju sila duljina uronjenog dijela štapa d_1:

$$mg = S d_1 g \rho$$ **(1 bod)**

Uzimajući u obzir da je $m = S d \rho_d$ dobije se:

$$d_1 = \frac{d \rho_d}{\rho}$$ **(2 boda)**

Za daljnje uranjanje štapa potrebno je obavljati rad jer je sila uzgona veća od težine. Budući da sila uzgona raste linearno, sila kojom treba djelovati da bi se uronilo štap raste linearno od nule do maksimalne vrijednosti:

$$F_{\max} = S (H - d_1) g \rho$$ **(2 boda)**

Obavljeni rad je:

$$W = \overline{F} (H - d_1)$$ **(2 boda)**

gdje je srednja sila koju treba upotrijebiti pri uranjanju

$$\overline{F} = \frac{F_{\max}}{2}$$ **(1 bod)**

Napomena: Rad se može izračunati i preko „površine“ ispod pravca u sila-put grafu.

Uzimajući u obzir da je $S = \dfrac{m}{\rho_d d}$ obavljeni rad je:

$$W = \frac{\frac{m}{\rho_d d}(H - d_1) g\rho}{2}(H - d_1) = \frac{mg\rho}{2d\rho_d}(H - \frac{d\rho_d}{\rho})^2 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

$$= 1.22625 \text{ J} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

3. zadatak (11 bodova)

a) U svakoj točki vrijedi jednadžba stanja idealnog plina:

$$p_i V_i = nRT_i \text{ pri čemu je } i = \text{A, B, C, D, X}$$

pa su temperature u pojedinim točkama:

$$T_A = \frac{4p_oV_o}{nR} = T_D,\ T_B = \frac{6p_oV_o}{nR},\ T_C = \frac{3p_oV_o}{nR} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

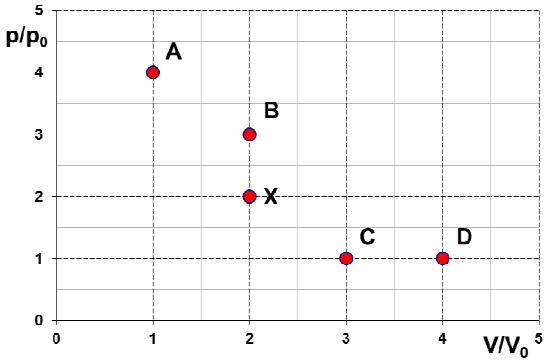
U zadatku je zadano da u točki X vrijedi:

$$p_X V_B = nRT_A$$

Pomoću gornjih jednadžbi dobije se da je tlak u točki X:

$$p_X = \frac{p_A}{2} = 2p_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Položaj točke X na grafu:



(1 bod)

b) Prema prvom zakonu termodinamike vrijedi $Q = \Delta U + W$ pri čemu je W rad koji obavlja plin (i suprotnog je predznaka od rada koji se obavlja nad plinom), a $\Delta U = nC_V \Delta T = n\frac{3}{2}R\Delta T$ je promjena unutarnje energije plina. Rad koji plin obavi je („površina“ ispod linije koja spaja B i C):

$$W_{BC} = p_oV_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Promjena unutarnje energije iz stanja B u stanje C:

$$\Delta U_{BC} = -\frac{9}{2}p_oV_o \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Izmijenjena toplina pri prijelazu iz B u C je:

$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} + W_{BC} = -\frac{7}{2}p_oV_o \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Plin pri prijelazu iz B u C predaje toplinu okolini. **(1 bod)**

4. zadatak (9 bodova)

Pozitivan naboj q selimo iz točke manjeg potencijala u točku većeg potencijala, pa je potrebno obaviti rad koji je jednak razlici potencijalnih energija naboja q u te dvije točke:

$$W_{AB} = E_{PotB} - E_{PotA} = q(\varphi_B - \varphi_A)$$ **(2 boda)**

Razlika potencijala u točkama B i A je:

$$\varphi_B - \varphi_A = (\varphi_{1B} + \varphi_{2B} + \varphi_{3B}) - (\varphi_{1A} + \varphi_{2A} + \varphi_{3A})$$ **(3 boda)**

Električni potencijal od kugle 3 u točkama A i B je jednak:

$$V_{3A} = V_{3B}$$ **(1 bod)**

Traženi rad je:

$$W_{AB} = qk\left[\left(\frac{Q_1}{10r} + \frac{Q_2}{r}\right) - \left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{10r}\right)\right]$$

$$= \frac{qk}{r}(Q_1 - Q_2)\left(\frac{1}{10} - 1\right) = \frac{9}{10}\frac{qk}{r}(Q_2 - Q_1)$$ **(2 boda)**

$$= \frac{9}{10}\frac{2\cdot 10^{-9}\cdot 9\cdot 10^{9}}{0.1}20\cdot 10^{-9}\ \mathrm{J} = 3240\mathrm{nJ}$$ **(1 bod)**

5. zadatak (11 bodova)

Spajanjem na bateriju kondenzator C_1 se nabije tako da je njegov naboj:

$$Q = C_1 U$$ **(1 bod)**

Odspajanjem od baterije i spajanjem s kondenzatorom C_2 taj naboj se preraspodjeljuje i vrijedi:

(1) $$Q_1 + Q_2 = Q$$ **(2 boda)**

$$U_1 = U_2$$ **(2 boda)**

Zadnja jednadžba se može napisati kao :

(2) $$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$$

Rješavanjem sustava kojeg čine (1) i (2) dobije se:

$$Q_2 = \mathrm{U}\frac{\mathrm{C}_1 C_2}{C_1 + C_2}$$ **(1 bod)**

$$= 5.3\mu\mathrm{C}$$ **(1 bod)**

$$U_2 = \mathrm{U}\frac{\mathrm{C}_1}{C_1 + C_2}$$ **(1 bod)**

$$= 2.67\mathrm{V}$$ **(1 bod)**

b) Približavanjem ploča kapacitet prvog kondenzatora se poveća dva puta pa iznosi 8 μF **(1 bod)**

Rješavanjem sustava (1) i (2), ali uvrštavajući $C_1 = 8\ \mu\mathrm{F}$, dobije se:

$$Q_2 = 6.4\ \mu\mathrm{F}$$ **(1 bod)**

- **Ispravka - SŠ - 2. skupina, rješenje 3. zadatka**
  $W(BC) = 2\ p_0V_0$ pa je konačni rezultat $Q(BC) = -\ 5/2\ p_0V_0$

  Ispravka - SŠ - 2. skupina, rješenje 5. zadatka
  $Q_2 = 3.2\ \mu\ C$ (a ne $6.4\ \mu\ C$)