

Rješenja i smjernice za bodovanje – 2. skupina

1. Zadatak (20 bodova)

Kretanje jednog klipa simetrično je kretanju drugog, biti će dovoljno opisati gibanje samo jednog. Iz istog razloga uputit ćemo se samo na desni cilindar čija se kompresija ovija na x osi.

- a. Težina klina  $F$  i dvije sile  $F_1$  i  $F_2$  koje djeluju na klip, obje okomite na stijenke, djeluju na klin.

Simetrijom će uvijek biti  $F_{2,x} = -F_{1,x}$  i  $F_{2,y} = F_{1,y}$ .

U ravnoteži:

$$\vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

Duž x osi ravnoteža se osigurava simetrijom, dok je duž osi y, označavajući sa  $F_p$  zajedničku vrijednost  $F_1$  i  $F_2$ , možemo pisati:

$$F - 2F_p \sin \alpha = 0 \text{ slijedi } F_p = \frac{Mg}{2 \sin \alpha}$$

Iz trećeg Newtonovog zakona, sila  $F_k$  kojom klin djeluje na klip po iznosu je jednaka onoj koju klip djeluje na klin. Slijedi:

$$F_k = F_p = \frac{Mg}{2 \sin \alpha} = 18.78 \text{ N} \quad (2 \text{ boda})$$

- b. Za desni klip se smatra da je u položaju postignute ravnoteže. Na njega djeluju četiri sile: njegova težina  $F$ , sila  $F_k$  koja djeluje na klin, sila  $N$  između cilindra i klipa te sila plina  $F_m$  koja djeluje zbog kompresije. Uvjet ravnoteže klipa je:

$$\vec{F} + \vec{F}_k + \vec{N} + \vec{F}_m = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

Nametanjem ravnoteže na vodoravnu os, ako nazovemo položaj ravnoteže klipa  $L_k$ .

$$F_k \cos \alpha - F_m = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

Iz jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_k V_k = nRT_k \text{ gdje } T_k = T_p = T$$

$$\frac{F_m}{S} L_k S = nRT$$

Slijedi

$$F_k \cos \alpha - \frac{nRT}{L_k} = 0$$

Vrijednost  $F_k$  jednaka je izračunatoj u prethodnom pitanju. Dakle slijedi:

$$L_k F_k \cos \alpha = nRT$$

$$L_k = \frac{nRT}{F_k \cos \alpha} = \frac{nRT}{\frac{Mg}{2 \sin \alpha} \cos \alpha} = \frac{2nRT \tan \alpha}{Mg} = 26.76 \text{ cm} \quad (2 \text{ boda})$$

Budući da se klin oslanja na klip, svaki pomak  $x$  klipa povezan je s odgovarajućom  $y$  relacijom:

$$y_k = \frac{L_k}{\tan \alpha} = 203 \text{ cm} \quad (2 \text{ boda})$$

- c. Ako su  $a_k$  i  $a_p$  ubrzanja klina i desnog klipa, duž njihovih smjerova kretanja, pišemo Newtonov drugi zakon za dva predmeta, u obliku komponenta. U početnoj situaciji, budući da plin nije komprimiran.

Za klin vrijedi:

$$x: F_1 \cos \alpha - F_2 \cos \alpha = 0$$

$$y: Mg - 2F_p \sin \alpha = Ma_k \quad (2 \text{ boda})$$

Za klip vrijedi:

$$x: F_k \cos \alpha - F_m = ma_p \quad \text{sa} \quad F_k = F_p \quad \text{i} \quad F_m = 0 \text{ jer } L \gg L_k$$

$$y: mg - N + F_k \sin \alpha = 0 \quad (2 \text{ boda})$$

Iz prethodne relacije za pomake klina duž  $x$  i  $y$  osi možemo također dobiti za ubrzanja:

$$a_k = \frac{1}{\tan \alpha} a_p$$

Rješavajući sustav jednačbi možemo dobiti silu kojom klin djeluje na klip.

$$F_k = \frac{Mmg \sin \alpha}{M \cos^2 \alpha + 2m \sin^2 \alpha} = 0.257 \text{ N} \quad (2 \text{ boda})$$

I silu kojom cilindar djeluje na klip.

$$F_g = N = mg \left( \frac{M + 2m \sin^2 \alpha}{M \cos^2 \alpha + 2m \sin^2 \alpha} \right) = 1.995 \text{ N} \quad (2 \text{ boda})$$

**2. Zadatak ( 16 bodova)**

- a. Snaga koju daje grijač je  $P_r = E^2/r$  (Joulov efekt); stoga količina topline koju grijač oslobađa vremenu  $\Delta t$  je  $Q = E^2 \Delta t / r$ .

Budući da se tok topline kroz pregradu može zanemariti na kratko vrijeme, toplina koju isporučuje grijač povećava temperaturu plina za količinu  $\Delta T$  zadanu kao  $Q = nc_v \Delta T$  gdje je  $c_v = 3R/2$ , jer je mono atomski plin.

**(2 boda)**

Dakle:

$$\Delta T = \frac{Q}{nc_v} = \frac{E^2 \Delta t}{r} \frac{2}{3Rn} \quad \text{iz čega} \quad T_1 = T_0 + \frac{2E^2}{3Rnr} \Delta t$$

**(4 boda)**

- b. Čim se grijaći element isključi, količine plina u dvije komore su na temperaturi  $T_0$  i  $T_1$ ; tlakovi su

$$p_0 = \frac{nRT_0}{hl^2} \quad \text{i} \quad p_1 = \frac{nRT_1}{hl^2}$$

Dakle sila uzrokovana razlikom tlakova je

$$F_p = l^2 \Delta p = \frac{nR\Delta T}{h} = \frac{2E^2}{3hr} \Delta t$$

**(6 bodova)**

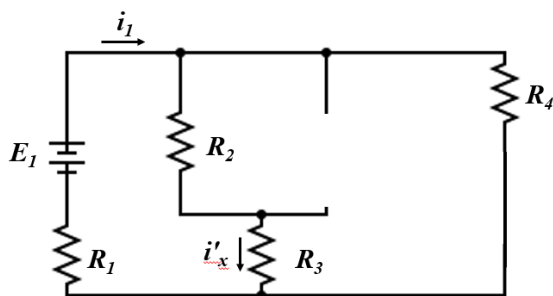
- c. Budući da je ukupna unutarnja energija očuvana, a količine plina jednake, konačna temperatura dobiti će se aritmetičkom sredinom početnih temperatura

$$T_{\text{eq}} = \frac{1}{2} (T_0 + T_1)$$

**(4 boda)**

**3. Zadatak ( 15 bodova)**

Možemo riješiti strujni krug tako da uzmemo u obzir pojedinačni efekt izvora i onda sumiramo.



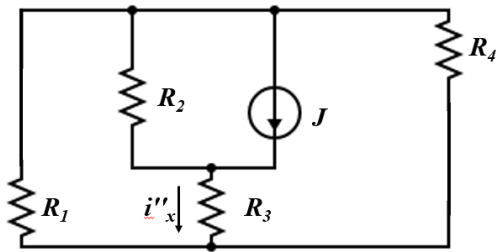
Prvi efekt:

$$i_1 = \frac{E_1}{R_1 + [(R_2 + R_3) || R_4]} = \frac{40V}{4\Omega + [(2\Omega + 6\Omega) || 8\Omega]} = 5A$$

$$i'_x = i_1 \frac{R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = 5A \frac{8\Omega}{2\Omega + 6\Omega + 8\Omega} = 2.5A$$

**(4 boda)**

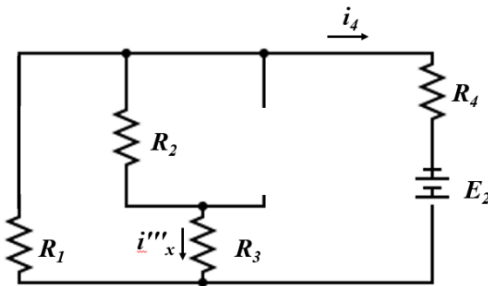
Drugi efekt:



$$i''_x = J \frac{R_2}{R_2 + R_3 + (R_4 || R_1)} = 2A \frac{2\Omega}{2\Omega + 6\Omega + (4\Omega || 8\Omega)} = 0.375A$$

(4 bodova)

Treći efekt:



$$i_4 = \frac{E_2}{R_4 + [(R_3 + R_2) || R_1]} = \frac{32V}{8\Omega + [(6\Omega + 2\Omega) || 4\Omega]} = 3A$$

$$i'''_x = -i_4 \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = -3A \frac{4\Omega}{4\Omega + 2\Omega + 6\Omega} = -1A$$

(4 bodova)

Dakle ukupno ima:

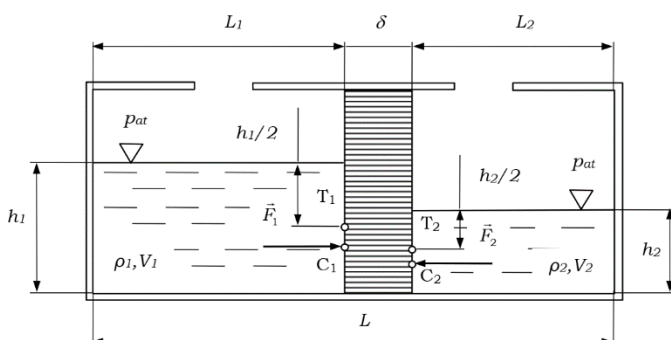
$$i_x = i'_x + i''_x + i'''_x = 2.5A + 0.375A - 1A = 1.875A$$

$$P_x = R_3 \cdot i_x^2 = 21.1W$$

(3 boda)

#### 4. Zadatak (19 bodova)

Iz uvjeta ravnoteže sile proizlazi:



$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = p_{T1} A_1 = \rho_1 g \frac{h_1}{2} h_1 B = \frac{1}{2} \rho_1 g h_1^2 B$$

$$F_2 = p_{T2} A_2 = \rho_2 g \frac{h_2}{2} h_2 B = \frac{1}{2} \rho_2 g h_2^2 B$$

*DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE, 28. – 29. travnja 2021.*

Ako postavimo  $F_1=F_2$

$$\frac{1}{2}\rho_1 g h_1^2 B = \frac{1}{2}\rho_2 g h_2^2 B$$

Dakle

$$\frac{h_1}{h_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

**(5 bodova)**

Ako uzmemo u obzir volumene tekućina i spremnika možemo pisati:

$$V_1 = B h_1 L_1, \text{ odnosno } \frac{V_1}{h_1} = B L_1$$

$$V_2 = B h_2 L_2, \text{ odnosno } \frac{V_2}{h_2} = B L_2$$

$$L = L_1 + L_2$$

**(5 bodova)**

Iz čega slijedi

$$\frac{V_1}{h_1} + \frac{V_2}{h_2} = B L$$

Konačno iz prethodnih jednadžbi dobije se:

$$h_1 = \frac{V_1 + V_2 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}}{B L}$$

$$h_2 = \frac{V_1 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} + V_2}{B L}$$

**(5 bodova)**

dakle

$$h_1 = 2.71 \text{ m}$$

$$h_2 = 3.83 \text{ m}$$

**(4 boda)**