OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 30. siječnja 2017.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (12 bodova)

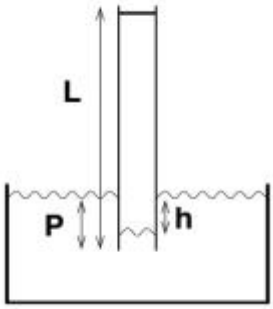
Fiksna cijev presjeka 2 dm^2 i visine L=1m zatvorena je na gornjoj strani pomoću klipa bez trenja i zanemarive mase. Donji kraj je otvoren i uronjen P=10 cm u kadu punu vode. Temperatura sustava je 37°C.
Na početku, klip se nalazi na gornjem kraju i razina vode u cijevi jednaka je onoj u posudi.

(a) Koliki su volumen koji zauzima zrak, te količina (broj molova) zraka u cijevi?

U nekom drugom trenutku stavi se uteg mase m na klip, klip se spusti zajedno sa razinom vode u cijevi h=8 cm ispod površine vode u posudi (slika).

(b) Koliko je apsolutni tlak zraka u cijevi?

(c) Za koliko se, pri tim uvjetima promijenio volumen (u litrama) koji zauzima zrak u cijevi (temperatura se ne mijenja)?



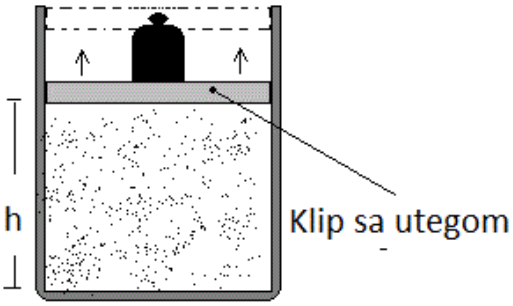
2. zadatak (10 bodova)

Cilindar s klipom postavljen je vertikalno. Klip ima zanemarivu debljinu i masu, površina mu je A i može kliziti bez trenja. Na klip je postavljen uteg mase m (vidi sliku). n molova idealnog plina nalazi se u cilindru na temperaturi T i tlaku p. Klip sa masom m je u ravnoteži na visini h. Atmosferski tlak je p_{atm} a g ubrzanje sile teže.

(a) Nađite izraz za visinu h na kojoj je klip sa utegom u ravnoteži, pomoću zadanih veličina.

(b) Da li je tlak p unutar cilindra manji, jednak ili veći od atmosferskog tlaka p_0?

(c) Ukoliko plin u cilindru zagrijemo do T = 30°C, uz sljedeće vrijednosti: m = 1,0 kg, A = 500 cm^2 i n = 2 izračunajte koliki je h.



3. zadatak (12 bodova)

Na otvorenom spremniku vode nalaze se dvije vrlo malene rupe na jednoj od strana, jedna iznad druge. Rupe se nalaze na visini od 5,00 cm i 12,0 cm iznad dna spremnika, koji se nalazi na tlu. Kolika je visina razine vode u spremniku ukoliko mlazovi vode koji izlaze iz ove dvije rupe padaju na isto mjesto na tlu?

4. zadatak (8 bodova)

Komad drva ima gustoću 0,5 g/cm^3 i masu 800 g. U drvu se probuši rupa volumena 100cm^3, koja se napuni olovom. Da li će tijelo plutati, lebdjeti ili potonuti u vodi?

5. zadatak (8 bodova)

Dvije šipke, jedna od željeza a druga od mesinga, na 0°C ima juistu dužinu od 160 cm. Na kojim temperaturama je njihova razlika u dužini 2 mm?

Vrijednosti fizikalnih konstanti (primjenjuju se u svim predloženim zadatcima)**:**

Plinska konstanta R= 8,31 JK^{-1}mol^{-1}

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

Gustoća vode $\rho_{(voda)}$= 0,997 g/cm^3

Gustoća olovo $\rho_{(olovo)}$= 11,3 g/cm^3

Ubrzanje sile teže g = 9,81 m/s$^{2.}$

Linearni koeficijent ekspanzije željeza $\lambda_{\text{željezo}}$ = 1,2x10^{-5}°C^{-1}

Linearni koeficijent ekspanzije mesinga $\lambda_{\text{željezo}}$ = 1,9x10^{-5}°C^{-1}

OPČINSKO (GRADSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE – 30. siječnja 2107.

Srednje škole – 2. grupa
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 (12 bodova)

(a) Iz slike je očito da je početni volumen:

$$V_{početni} = \Delta h \cdot S = (L - P) \cdot S =$$
$$= 0.9\,m \cdot 2 \times 10^{-2} m^2 = 18\,l$$ **(2 boda)**

Ako je razina vode ista, to znači da je tlak koji djeluje na površinu vode unutar cijevi jednak onom koji djeluje na površinu vode u spremniku:

$$p_{zrak} = p_{atm}$$

Primjenjujući jednadžbu idealnog plina:

$$n = \frac{p_{zrak}V}{RT} = 0{,}71\,mol$$ **(2 boda)**

(b) Ako je sustav u ravnoteži, to znači da je tlak na površini vode, zbog zraka unutar cijevi, jednak tlaku kojim djeluje voda.

$$p_{cijev} = p_{vode}$$

za idealne tekućine može se primijeniti Bernoullijeva jednadžba:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

budući da u ovom slučaju $v_1 = v_2 = 0$:

$$p_{cijev} = p_{atm} + \rho g (h_{cijev} - h_{spremnika}) =$$
$$p_{atm} + \rho g h =$$ **(2 boda)**
$$1{,}013 \times 10^5 Pa + \frac{10^3 kg}{m^3} \cdot \frac{9{,}8 m}{s^2} \cdot 0{,}08 m =$$
$$1{,}021 \times 10^5 Pa$$ **(2 boda)**

(c) Volumen je povezan s tlakom i temperaturom kroz zakon idealnog plina:

$$V_{konačni} = \frac{nRT}{P_{cijev}} = \frac{0{,}71 \cdot 8{,}31 J/mol\,K \cdot 310 K}{1{,}021 \times 10^5 Pa} = 17{,}9 l$$ **(2 boda)**

$$\Delta V = V_{početni} - V_{konačni} = 0{,}1 l$$ **(2 boda)**

2. zadatak (10 bodova)

(a) Na klip djeluju tri sile. To su: (1) gravitacijska sila na uteg, *mg*, *m* je masa utega; (2) sila tlaka prema dolje, $F_d = p_{atm} A$, zbog atmosferskog tlaka iznad klipa; i (3) sila tlaka prema gore $F_g = pA$ zbog apsolutnog tlaka plina unutar cilindra. Budući da je klip s utegom u ravnoteži, prema drugom Newtonovom zakonu vrijedi:

$$\sum \boldsymbol{F}=0$$

Budući da sve sile leže na istom pravcu (vertikalnom):

$$F_g - mg - F_d = 0$$ **(1 bod)**

ili

$$pA = mg + p_{atm}A$$ **(1 bod)**

Iz jednadžbe idealnog plina možemo izračunati apsolutni tlak u cilindru:

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{nRT}{hA}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem u prijašnju jednadžbu:

$$\left(\frac{nRT}{hA}\right)A = mg + p_{atm}A$$ **(1 bod)**

Dobiva se:

$$h = \frac{nRT}{mg+p_{atm}A}$$ **(2 boda)**

(b) Iz gornje jednadžbe, apsolutni tlak u cilindru je:

$$p = \frac{mg}{A} + p_{atm}$$

gdje je p_{atm} je atmosferski tlak. Ta vrijednost je veća od atmosferskog tlaka, jer je $mg/A > 0$**.** **(2 boda)**

(c) Upotrebom gornje relacije, ukoliko se apsolutna temperatura poveća do T=30°C (303,15 K), za ravnotežnu vrijednost visine (uz uvjete n=2, R= 8,31 J K^{-1} mol^{-1}, m = 1,0 kg, p_{atm}= 1 atm (101325 Pa), g= 9,81 m/s^2 i A= 500cm^2= 0,05m^2) dobiva se h= 0,99 m= 99 cm. **(2 boda)**

3. zadatak (12 bodova)

Na vodeni mlaz koji izlazi iz rupa može se gledati kao na projektil, s početnim komponentama brzine $v_{0x}=v$ i $v_{0y}=0$.

Gibanje mlaza u smjeru vertikalne osi y je:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

Vrijeme koje je potrebno mlazu da s *visine h* padne do tla je:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$ **(1bod)**

Horizontalna daljina koju mlaz prijeđe je:

$$R = vt = v\sqrt{\frac{2h}{g}}$$ **(1bod)**

Ukoliko mlazovi vode padaju na tlu u istom položaju očito vrijedi $R_1=R_2$:

$$v_1\sqrt{\frac{2h_1}{g}} = v_2\sqrt{\frac{2h_2}{g}} \implies v_1 = v_2\sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$ **(1bod)**

Uvrštavanjem vrijednosti zadanih u zadatku:

$$v_1 = v_2\sqrt{2{,}40}$$ **(1 bod)**

Bernoullijeva jednadžbe za donju rupu i površinu vode, uzimajući u obzir da je tlak u obje točke jednak atmosferskom i da je spremnik velik u odnosu na dimenziju rupe, iz čega možemo možemo pretpostaviti da za brzinu površine vode u spremniku vrijedi $v_3 \approx 0$, izgleda ovako:

$$p_{atm} + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_{atm} + 0 + \rho g h_3$$

Sređivanjem:

$$v_1^2 = 2g(h_3 - h_1)$$ **(2 boda)**

Također za gornju rupu vrijedi:

$$p_{atm} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 = p_{atm} + 0 + \rho g h_3$$

$$v_2^2 = 2g(h_3 - h_2)$$ **(2 boda)**

Uzimajući u obzir gornje jednadžbe:

$$2g(h_3 - h_1) = 2{,}40 \cdot [2g(h_3 - h_2)]$$ **(2 boda)**

Rješavajući za h_3 dobije se:

$$h_3 = \frac{2{,}40 \cdot h_2 - h_1}{1{,}40} = 17cm$$ **(2 boda)**

Odnosno, razina vode u spremniku nalazi se 17 cm od tla.

4. zadatak (8 bodova)

Volumen cijelog tijela je:

$$V_t = \frac{m_{drvo}}{\rho_{drvo}}$$ **(1 bod)**

Volumen samog drva je:

$$V_{drvo} = (0{,}0016 - 0{,}0001)\ m^3 = 0{,}0015\ m^3$$ **(2 boda)**

Masa olova u rupi je:

$$m_{olovo} = V_{rupe}\rho_{olovo} = 1{,}13\ kg$$

Sila teže je:

$$F_t = mg = V\rho g$$ **(1 bod)**

U našem slučaju:

$$F_t = (m_{olovo} + (m_{drvo} - V_{rupe}\rho_{drvo}))g = 18{,}4\ N$$ **(2 boda)**

Sila uzgona kada se tijelo uroni u vodu je:

$$F_a = V_t\rho_{voda}g = 15{,}7\ N$$ **(1 bod)**

Budući da $F_t > F_a$, tijelo će potonuti. **(1 bod)**

5. zadatak (8 bodova)

Za linearno tijelo podložno toplinskoj ekspanziji vrijedi:

$$l = l_0(1 + \alpha\Delta T)$$

Za željezo dobije se:

$$l_z = l_{z0}(1 + \lambda_z\Delta T) = l_{z0}(1 + \lambda_z(T_{konačna} - 0)) = l_{z0}(1 + \lambda_z T_{konačna})$$ **(1 bod)**

Isto se dobije za mesing:

$$l_m = l_{m0}(1 + \lambda_m T_{konačna})$$ **(1 bod)**

Razlika u duljini, na određenoj temperaturi, je:

$$\Delta l = l_m - l_z = 2mm = 0{,}002m$$ **(1 bod)**

$$\Delta l = (l_{m0}(1 + \lambda_m T_{konačna}) - l_{z0}(1 + \lambda_z T_{konačna})) = (l_{m0} - l_{z0}) + T_{konačna}(l_{m0}\lambda_m - l_{z0}\lambda_z)$$

Pošto je u zadatku uvedeno $l_{m0}=l_{z0}=l_0$ (na 0°C imaju istu duljinu od 1,6m):

$$\Delta l = T_{konačna}(l_0\lambda_m - l_0\lambda_z) = l_0\, T_{konačna}(\lambda_m - \lambda_z)$$ **(1 bod)**

Odatle se dobije:

$$T_{konačna} = \frac{\Delta l}{l_0\,(\lambda_m - \lambda_z)}$$ **(2 boda)**

Uzimajući u obzir veličine koje su u zadatku, dobije se:

$$T_{konačna} = 179°C$$ **(1 bod)**

Isti izraz vrijedi i kada bi se šipke ohladile, pa slijedi:

$$T_{konačna} = -179°C$$ **(1 bod)**