OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 22. siječnja 2020.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule…)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. ***Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora***.

1. zadatak (14 bodova)

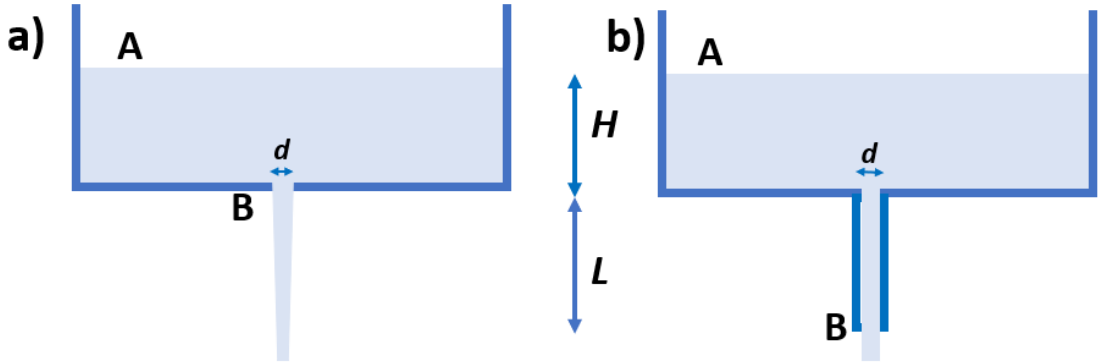
Spremnik ima kružni otvor na dnu, promjera *d*. Želimo usporediti izlazni protok iz spremnika ako je prisutan samo otvor i ako je na otvor spojena okomita cijev duljine *L*. Uzmite u obzir da je fluid idealan.

A) U oba slučaja odredite brzinu tekućine na vertikalnoj udaljenosti *L* od otvora na spremniku, pod uvjetom da je površina spremnika na visini *H* u odnosu na dno. Zanemarite spuštanje razine površine pri istjecanju.

B) Kolika je brzina tekućine na izlaznom dijelu spremnika u oba slučaja (označeno točkom B)?

C) Izračunajte izlazni protok u oba slučaja. Koji je učinkovitiji sustav od dva spremnika?

Uzmite u obzir sljedeće vrijednosti: H = 5 m ; d = 20 cm ; L=5m.



2. zadatak (8 bodova)

Otvorena staklena boca volumena 500 cm^3 puna je zraka. Bocu i zrak koji sadrži zagrijemo do 227 °C i zatim ju uronimo u vodu grlom prema dolje. Kolika je masa vode koja će ući u bocu kad se temperatura zraka u njoj snizi na 27 °C? (Zanemarite promjenu volumena boce sa temperaturom i uzmite u obzir da kad se boca i plin koji sadrži termaliziraju, nivo vode unutar i izvan boce će biti isti).

3. zadatak (12 bodova)

Tri dječaka, svi jednake mase od m = 74,8 kg, grade splav od drvenih debla promjera d = 0,32 m i duljine l = 1,77 m. Koji je najmanji broj trupaca potreban za izgradnju splavi tako da kad se ta tri dječaka nalaze na splavi, cjelokupni sustav pluta na vodi, tako da noge dječaka ostanu suhe? (ρ_{drvo} = 757,7 kg/m^3).

4. zadatak (8 bodova)

Poznate su početne duljine, promjene temperature i promjene u duljini tri različite šipke, a vrijednosti su navedene u tablici. Otkrijte jesu li ove šipke izrađene od istog materijala ili ne. Ako nisu, jesu li barem dvije od istog materijala i eventualno koje?

Materijal	L_0 (cm)	ΔT (°C)	ΔL (cm)
A	20	100	0.01
B	30	200	0.03
C	40	100	0.01

5. zadatak (8 bodova)

U cilindru poprečnog presjeka S = 0.01 m^2 idealni plin. Cilindar je zatvoren klipom mase m=1kg i može kliziti bez trenja. Cilindar se već dulje vrijeme nalazi na temperaturi 23°C i klip miruje na visini h_1 = 1 m. Otvaranjem ventila iz cilindra se polako ispusti dio plina te se ventil zatvori. Ravnotežni položaj klipa je sada na visini h_2 = 0.8 m. Odredite broj mola koji se sada nalazi u cilindru i za koliko se mora povisiti temperatura da bi se klip vratio na početnu visinu od 1 m?

Fizikalne konstante:

g=9,81 m/s^2

R= 8.31 J·mol^{-1}·K^{-1}

p_{atm}=10^5 Pa

$\rho_{vode} = 1000$ kg/m^3

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** (14 bodova)

A) Primjenjujemo Bernoullijevu jednadžbu između točke A smještene blizu površine fluida u spremniku i točke L smještene okomito ispod otvora, na udaljenosti *L* od nje.

a. Slučaj:

$$\frac{p_A}{\rho} + \frac{{v_A}^2}{2} + g(H + L) = \frac{p_L}{\rho} + \frac{{v_L}^2}{2}$$ **(2 boda)**

U ovome slučaju: $p_A = p_L = p_{atm}\ i\ V_A \approx 0$

Dakle:

$$v_L = \sqrt{2g(H + L)} = 14.0\ m/s$$ **(2 boda)**

b. Slučaj:

Bernoullijeva jednadžba napisana između površine fluida u spremniku i točke *L* na izlazu iz cijevi napisana je točno kao i prije i još uvijek postoji : $p_A = p_L = p_{atm}$. Iz ovoga zaključujemo da su dvije brzine identične.

(2 boda)

B) Ovaj put pišemo Bernoullijevu jednadžbu između točke koja se nalazi blizu površine i točke B koja se nalazi u izlaznom dijelu spremnika.

a. Slučaj:

$$\frac{p_A}{\rho} + \frac{{v_A}^2}{2} + g(H + L) = \frac{p_B}{\rho} + \frac{{v_B}^2}{2} + gL$$ **(2 boda)**

Gdje $p_A = p_B = p_{atm}$, dakle

$$v_B = \sqrt{2gH} = 9.90\ m/s$$ **(2 boda)**

b. Slučaj:

I dalje vrijedi Bernoullijeva jednadžba, a zbog jednadžbe kontinuiteta, brzina u cijevi mora biti konstantna, s obzirom na to da je fluid nekompresibilan, a presjek je konstantan. Dakle, imamo $v_B = \sqrt{2g(H + L)}$. Brzina protoka iz spremnika je stoga veća u slučaju b.

(2 boda)

C) Protok u dva slučaja je:

$$Q_a = \pi \frac{d^2}{4}\sqrt{2gH} = 0.311\ m^3/s$$

$$Q_b = \pi \frac{d^2}{4}\sqrt{2g(H+L)} = 0.440\ m^3/s$$ **(2 boda)**

Dakle veći je u slučaju b.

2. Zadatak (8 bodova)

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay-Lussacovu zakonu, $\frac{V}{T} = konst.$ **(1 bod)**

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma. Slijedi:

$$m = \rho V$$ **(1 bod)**

Neka je V_1 obujam zraka na temperaturi T_1, a V_2 obujam zraka nakon hlađenja. Budući da je tlakstalan (izobarna promjena!), slijedi:

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1}$$ **(2 boda)**

Promjena obujma je dakle:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_1(1 - \frac{T_2}{T_1})$$ **(2 boda)**

Masa vode koja će ući u bocu je:

$$m = \rho V = mV_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 0.2\ kg$$ **(2 boda)**

3. Zadatak (12 bodova)

Da bi sustav splav + dječaci plutao, sila uzgona mora biti jednaka ukupnoj težini dječaka i splava. U ravnoteži vrijedi (u smjeru sile teže):

$$\sum F = F_U$$ **(2 boda)**

Sila uzgona jednaka je težini obujma istisnute tekućine. Ako je V obujam jednog trupca i n broj trupaca, u najgorem slučaju (trupci u potpunosti uronjeni u vodu), obujam istisnute vode je jednostavno nV. Dakle za silu uzgona vrijedi:

$$F_U = \rho_{vode} nVg$$ **(2 boda)**

Gdje je:

$$V = \pi\,(d/2)\,l$$ **(2 boda)**

Ukupna težina je zbroj trežinadječaka i trupaca:

$$F_{ukupna} = F_{dječaci} + F_{debla} = 3mg + n\rho_{drvo}Vg$$ **(2 boda)**

Uz uvjet da je sila uzgona jednaki težini tri dječaka i *n* trupaca, dobivamo broj trupaca potrebnih da dječaci sa splavi plutaju:

$$n\rho_{voda}Vg = 3mg + n\rho_{drvo}Vg$$

Slijedi:

$$n(\rho_{voda}V - n\rho_{drvo}V) = 3m$$

Iz toga:

$$n = \frac{3m}{V(\rho_{voda} - n\rho_{drvo})} \cong 6.6$$ **(2 boda)**

Dobivena vrijednost *n* nije cijeli broj. To znači da samo 6 trupca, čak i potpuno uronjena, nisu dovoljna da trojicu dječaka drže na površini vode. Tako da su najmanje sedam trupca potrebna da dječaci budu u zraku. **(2 boda)**

4. Zadatak (8 bodova)

Možemo postaviti sustav jednadžbi s nepoznatim koeficijentom termičke ekspanzije.
Za linearnu termičku ekspanziju vrijedi jednadžba:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

Dakle za svaku šipku vrijedi:

$$\alpha_A = \frac{\Delta L_A}{L_A \Delta T_A} = 5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

$$\alpha_B = \frac{\Delta L_B}{L_B \Delta T_B} = 5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

$$\alpha_C = \frac{\Delta L_C}{L_C \Delta T_C} = 2.5 \times 10^{-6} C^{-1}$$ **(2 boda)**

Dakle A i B su od istog materijala ali C ne. **(2 boda)**

5. Zadatak (8 bodova)

Veličine kojima opisujemo stanje plina označit ćemo indeksima 1 za početno stanje, 2 kad ispustimo plin i 3 nakon zagrijavanja plina.
Na klip djeluju tri sile: gravitacijska sila prema dole, sila kojom plin u cilindru djeluje na klip i sila zbog atmosferskog tlaka. Zbog ravnoteže sila vrijedi:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_1$$ **(2 boda)**

Slijedi p_1=100981 Pa.

Početni broj molova plina računamo primjenom jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_1V_1 = n_1RT_1, \qquad pri\ čemu\ je\ V_1 = Sh_1$$

Slijedi:

$$n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1} = 0.410\ mol$$ **(2 boda)**

U stanju 2 tlak i temperatura plina su kao i u stanju 1, ali broj molova plina u posudi se smanjio pa je i volumen manji. Tlak mora biti isti jer i dalje vrijedi ravnotežni uvjet:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_2$$

Kada klip miruje na visini h_2, vrijedi:

$$p_2V_2 = n_2RT_2, \qquad pri\ čemu\ je\ T_1 = T_2, V_2 = Sh_2\ i\ p_1 = p_2$$

$$n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} = 0.328\ mol$$ **(2 boda)**

Povećanjem temperature plina, klip se vraća na početnu visinu i tada vrijedi:

$$p_3V_3 = n_3RT_3, \qquad pri\ čemu\ je\ n_3 = n_2, V_3 = V_1\ i\ p_3 = p_2$$

Slijedi:

$$\frac{p_3V_3}{n_3R} = T_3 = 370.19K$$

Temperatura plina mora se povećati za 370.19 K – 296.15 K = 74.04 K. **(2 boda)**

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

Korigirano bodovanje 5. zadatka

5. **Zadatak** (8 bodova)

Veličine kojima opisujemo stanje plina označit ćemo indeksima 1 za početno stanje, 2 kad ispustimo plin i 3 nakon zagrijavanja plina.
Na klip djeluju tri sile: gravitacijska sila prema dole, sila kojom plin u cilindru djeluje na klip i sila zbog atmosferskog tlaka. Zbog ravnoteže sila vrijedi:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_1$$

Slijedi p_1=100981 Pa. **(2 boda)**

Početni broj molova plina računamo primjenom jednadžbe stanja idealnog plina:

$$p_1V_1 = n_1RT_1, \qquad pri\ čemu\ je\ V_1 = Sh_1$$

Slijedi:

$$n_1 = \frac{p_1V_1}{RT_1} = 0.410\ mol$$

U stanju 2 tlak i temperatura plina su kao i u stanju 1, ali broj molova plina u posudi se smanjio pa je i volumen manji. Tlak mora biti isti jer i dalje vrijedi ravnotežni uvjet:

$$Sp_{atm} + mg = Sp_2$$

Kada klip miruje na visini h_2, vrijedi:

$$p_2V_2 = n_2RT_2,\ pri\ čemu\ je\ T_1 = T_2, V_2 = Sh_2\ i\ p_1 = p_2$$ **(1 bod)**

$$n_2 = \frac{p_2V_2}{RT_2} = 0.328\ mol$$ **(2 boda)**

Povećanjem temperature plina, klip se vraća na početnu visinu i tada vrijedi:

$$p_3V_3 = n_3RT_3,\ pri\ čemu\ je\ n_3 = n_2, V_3 = V_1\ i\ p_3 = p_1$$ **(1 bod)**

Slijedi:

$$\frac{p_3V_3}{n_3R} = T_3 = 370.19K$$

Temperatura plina mora se povećati za 370.19 K – 296.15 K = 74.04 K. **(2 boda)**