

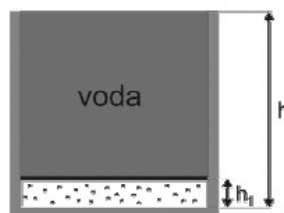
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.
Srednje škole - 2. grupa

1. zadatak (9 bodova)

Homogenu kuglu od željeza polumjera 10 cm treba obložiti plutom tako da je novodobiveno tijelo ponovno oblika kugle koja, kad se stavi u vodu, uroni u nju do svoje polovice. Kolika mora biti debljina sloja pluta? Gustoća pluta je $\rho_p = 200 \text{ kg/m}^3$, željeza $\rho_z = 7400 \text{ kg/m}^3$, a vode $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

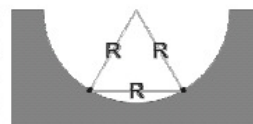
2. zadatak (12 bodova)

Toplinski izolirana cilindrična posuda visine $h = 1.5 \text{ m}$, površine poprečnog presjeka $A = 1 \text{ m}^2$ ima klip zanemarive mase i visine. Klip je također napravljen od toplinski izolirajućeg materijala, a iznad njega se nalazi voda (slika). Određena količina zraka (tako da je klip na početku na visini $h_1 = 0.5 \text{ m}$) ispod klipa na temperaturi $T_1 = 350 \text{ K}$ se grije zbog čega se klip giba prema gore uslijed čega se voda izljevsa sa strane. Kolika se količina topline preda zraku do trenutka kad klip izgurasa svu vodu van? Vanjski tlak je atmosferski $P_0 = 101325 \text{ Pa}$. Molekularna masa zraka je $M = 28.9 \text{ g/mol}$. Za specifični toplinski kapacitet zraka pri konstantnom volumenu uzeti $c_v = 0.719 \text{ JK}^{-1}\text{g}^{-1}$. Gustoća vode je $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$. Zrak smatrati idealnim plinom.



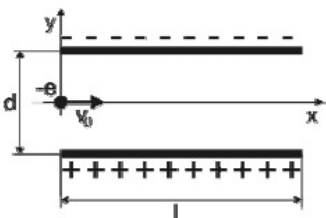
3. zadatak (10 bodova)

Dvije identične kuglice, svaka mase m i naboja q stave se u polukuglastu posudu polumjera R koja ima glatke, nevodljive zidove (slika). Zbog toga se kuglice pomaknu i u ravnotežnom položaju su udaljene za R . Koliki je naboj na svakoj od kuglica? Polumjeri kuglica su puno manji od polumjera posude R .



4. zadatak (9 bodova)

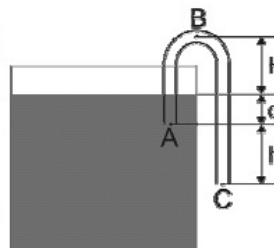
Elektron uleti brzinom v_0 u homogenu električno polje ravnog kondenzatora između čijih ploča se nalazi zrak i to po središnjoj osi kondenzatora (slika). Napon između ploča je $U = 300 \text{ V}$, a njihov međusobni razmak $d = 2 \text{ cm}$. Koliku najmanju brzinu mora imati elektron tako da izleti iz kondenzatora (da ne udari o ploču) ako je duljina njegovih ploča $l = 10 \text{ cm}$. Masa elektrona je $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a naboj $q = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -e$.



5. zadatak (10 bodova)

Sifon je naprava koja služi za pretakanje tekućine iz posude koja je nedostupna ili teška pa se ne može lako prevrnuti (slika). Izlaz C mora biti ispod ulaza A i cijev na početku mora biti puna tekućine. Gustoća tekućine je ρ , $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Ostale oznake su kao na slici.

- Kojom brzinom tekućina istječe u C?
- Koji je (statički) tlak u točki B?
- Koja je najveća visina H na koju sifon može dići vodu (gustoća vode je $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)?



Polumjer cijevi sifona je puno manji od dimenzija posude. Vanjski tlak je $P_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.
Srednje škole - 2. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak

Uz uvjete zadatka težina kugle od pluta i željeza mora biti jednaka uzgonu kojim na kuglu djeluje voda tj.

$$G = U \quad [1 \text{ bod}] \quad (1)$$

$$G = V_z \rho_z g + V_p \rho_p g = \frac{4}{3} \pi r_z^3 \rho_z g + \frac{4}{3} \pi (r_p^3 - r_z^3) \rho_p g \quad [3 \text{ boda}] \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{2} V_{\text{kugle obložene plutom}} \rho g = \frac{1}{2} \frac{4}{3} r_p^3 \pi \rho g \quad [3 \text{ boda}] \quad (3)$$

gdje je ρ gustoća vode. Kad se (2) i (3) uvrste u (1) i riješi po nepoznatici r_p dobije se

$$r_p = r_z \sqrt[3]{\frac{2(\rho_z - \rho_p)}{\rho - 2\rho_p}} \quad [1 \text{ bod}] \quad (4)$$

pa je debljina sloja kojim treba obložiti željeznu kuglu plutom jednaka

$$d = r_p - r_z = r_z \left[\sqrt[3]{\frac{2(\rho_z - \rho_p)}{\rho - 2\rho_p}} - 1 \right] \approx 18.8 \text{ cm} \quad [1 \text{ bod}] \quad (5)$$

2. zadatak

Voda koja se na početku nalazi iznad klipa ima masu

$$m_{H_2O} = \rho_{H_2O} V_{H_2O} = \rho_{H_2O} (V_{\text{posuda}} - V_1) = \rho_{H_2O} A (h - h_1) \quad [1 \text{ bod}] \quad (6)$$

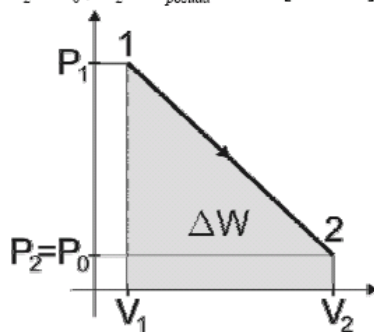
pa je tlak zraka u posudi (u ravnoteži s hidrostatskim tlakom vode i atmosferskim tlakom) na početku jednak

$$P_1 = P_0 + m_{H_2O} g / A = P_0 + \rho_{H_2O} g (h - h_1) = 101325 \text{ Pa} + 9810 \text{ Pa} = 111135 \text{ Pa} \quad [1 \text{ bod}] \quad (7)$$

Masa zraka u posudi se nađe prema jednadžbi stanja idealnog plina tj.

$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} M = \frac{P_1 A h_1}{RT_1} M \approx 552 \text{ g} \quad [1 \text{ bod}] \quad (8)$$

Kad se sva voda istisne vrijedi $P_2 = P_0$, $V_2 = V_{\text{posuda}} = Ah$ [2 boda] a P - V dijagram izgleda ovako



Rad koji zrak u posudi obavi nad okolinom jednak je površini ispod krivulje tj. (trapez)

$$\Delta W = \frac{P_1 + P_0}{2} (V_2 - V_1) = \frac{P_1 + P_0}{2} A(h - h_1) \approx 106230 \text{ J} \quad [3 \text{ boda}] \quad (9)$$

Konačna temperatura se nađe pomoću jednadžbe stanja idealnog plina (količina, tj. masa plina u procesu se ne mijenja) tj.

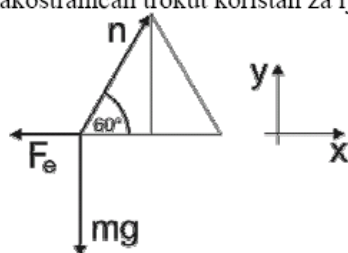
$$T_2 = \frac{T_1 P_2 V_2}{P_1 V_1} \approx 957 \text{ K} \quad [1 \text{ bod}] \quad (10)$$

pa se pomoću prvog zakona termodinamike dobije

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = mc_V (T_2 - T_1) + \Delta W \approx 3.47 \cdot 10^5 \text{ J} \quad [3 \text{ boda}] \quad (11)$$

3. zadatak

Sile koje djeluju na (npr.) lijevu kuglicu su nacrtane na slici zajedno s x-y koordinatnim sustavom. F_e je kulonska (odbojna) sila desne kuglice na lijevu, n sila reakcije podloge, a mg vlastita težina kuglice. Jednakostraničan trokut koristan za rješavanje je također nacrtan.



[3 boda]

Kako kuglica miruje- mora ukupna sila koja na nju djeluje biti jednaka nuli.

U x smjeru: $n_x = \frac{n}{2} = F_e = k \frac{q^2}{R^2}$ [2 boda]

U y smjeru: $n_y = \frac{n\sqrt{3}}{2} = mg \Rightarrow n = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg$ [2 boda] pa kad se to uvrsti u gornju relaciju dobije se

$$q = R \sqrt{\frac{\sqrt{3} mg}{3 k}} \quad [3 \text{ boda}] \quad (12)$$

4. zadatak

Komponente brzine u x i y smjeru su

$$v_x = v_0 \quad [1 \text{ bod}] \quad (13)$$

$$v_y = at = \frac{-eE}{m} t = \frac{-eU}{md} t \quad [1 \text{ bod}] \quad (14)$$

(gravitacijsko ubrzanje g je puno manje od $eU/(md)$ pa se zanemaruje)

odn. odgovarajuće koordinate položaja elektrona su

$$x(t) = v_0 t \quad [1 \text{ bod}] \quad (15)$$

$$y(t) = -\frac{1}{2} \frac{eU}{md} t^2 \quad [1 \text{ bod}] \quad (16)$$

jer se, u biti, radi o horizontalnom hicu. Ako se iz (15) izrazi t i uvrsti u (16) dobije se ovisnost $y(x)$ tj. (parabola)

$$y(x) = -\frac{1}{2} \frac{eU}{mdv_0^2} x^2 \quad [2 \text{ boda}] \quad (17)$$

Najmanja moguća brzina za koju će elektron taman izletiti iz kondenzatora dobije se iz uvjeta $x = l$ i $y = -d/2$ pa kad se to uvrsti u (17) izade

$$v_0 = \frac{l}{d} \sqrt{\frac{eU}{m}} \approx 3.6 \cdot 10^7 \text{ m/s} \quad [3 \text{ boda}] \quad (18)$$

5. zadatak

Neka se sve visine mjere od točke C.

a) Prema Bernoullijevoj jednadžbi (na površini i u točki C;)

$$P_0 + 0 + \rho g(h+d) \approx P_0 + \frac{1}{2} \rho v^2 + 0 \quad [2 \text{ boda}] \quad (19)$$

gdje smo (2. član s lijeve strane) zanemarili dinamički tlak zbog toga što je puno manji od $1/2 \rho v^2$. Za brzinu istjecanja dobije se

$$v = \sqrt{2g\rho(h+d)} \quad [1 \text{ bod}] \quad (20)$$

b) Za izračunavanje (statičkog) tlaka P u točki B treba napisati Bernoullijevu jednadžbu za površinu i točku B

$$P_0 + \rho g(h+d) \approx P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g(h+d+H) \quad [2 \text{ boda}] \quad (21)$$

a brzina je (zbog jednadžbe kontinuiteta, tj. činjenice da je promjer cijevi uvijek jednak) ista kao i u a) slučaju, pa se može iskoristiti (po (19)) da je $1/2 \rho v^2 = \rho g(h+d)$ [1 bod] zbog čega se (21) svede na

$$P = P_0 - \rho g(h+d+H) \quad [1 \text{ bod}] \quad (22)$$

c) kad je H maksimalan, brzina i tlak P teže u nulu, pa ako se (kao u b)) napiše Bernoullijeva jednadžba za površinu i točku B

$$P_0 + 0 + \rho g(h+d) \approx 0 + 0 + \rho g(h+d+H) \quad [2 \text{ boda}] \quad (23)$$

pa slijedi

$$H = \frac{P_0}{\rho g} = \frac{1.01 \cdot 10^5}{1000 \cdot 9.81} \approx 10.3 \text{ m} \quad [1 \text{ bod}] \quad (24)$$