OPĆINSKO/GRADSKO (ILI ŠKOLSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE – 7. veljače 2011.

Srednje škole – 2. grupa

1. zadatak (8 bodova)

Zimi naš organizam značajnu količinu topline troši u plućima na zagrijavanje udahnutog hladnog zraka.

a) Pretpostavite da je jednog hladnog dana temperatura -20°C. Izračunajte kolika je toplina potrebna da bi se 0.5 litre udahnutog zraka zagrijalo na temperaturu tijela 37°C.

b) Koliko topline tijelo potroši u jednom satu, ako u minuti čovjek udahne 20 puta i svakim udahom unese 0.5 litre zraka u pluća?

c) Kolikom snagom naša pluća razvijaju toplinu za zagrijavanje zraka?

Specifični toplinski kapacitet zraka je 1020 J/(kgK). Gustoća zraka je 1.2 kg/m^3.

2. zadatak (10 bodova)

Iz crpke u podrumu zgrade voda ulazi u cijev polumjera 0.6 cm pod statičkim tlakom $4\cdot10^5$ Pa brzinom 1 m/s. Kupaonica se nalazi na prvom katu gdje je površina presjeka cijevi dva puta manja nego u podrumu. Tuš u kupaonici se nalazi na visini 9 m iznad crpke u podrumu i napravljen je tako da ima 20 malih kružnih otvora. Polumjer svakog otvora je 0.5 mm.

a) Koliki je statički tlak vode u cijevi na koju je spojen tuš u kupaonici?

b) Izračunajte brzinu vode na izlazu iz malih otvora na tušu.

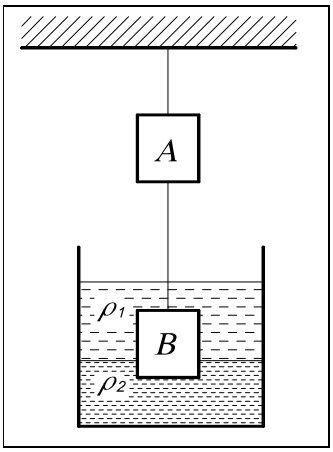
Gustoća vode je 1000 kg/m^3.

3. zadatak (11 bodova)

Dvije kocke obješene su o strop na način kao na slici. Kocka A je u zraku, a kocka B je jednom četvrtinom volumena uronjena u tekućinu gustoće ρ_2=1000 kg/m^3, dok joj je preostali volumen u tekućini gustoće ρ_1=800 kg/m^3. Brid svake kocke je 0.1 m, a napravljene su od materijala gustoće ρ_K= 960 kg/m^3. Upotrijebljene niti su neelastične i zanemarive mase.

a) Izračunajte silu napetosti niti koja povezuje kocku A sa stropom?

b) Ako se nit koja povezuje kocke prekine, odredite konačni položaj kocke B



4. zadatak (9 bodova)

Zatvoreni cilindar podijeljen je vertikalnim klipom na dva toplinski izolirana dijela pri čemu su tlak, volumen i temperatura u lijevom dijelu p_1, V_1 i T_1, a u desnom dijelu p_2, V_2 i T_2. Klip se može gibati bez trenja i u jednom trenutku mu to omogućimo. Koliki će biti tlak u lijevom i desnom dijelu cilindra kada se klip zaustavi, ako se temperatura plina u lijevom dijelu povećala za ΔT, a temperatura u desnom dijelu se smanjila za ΔT?

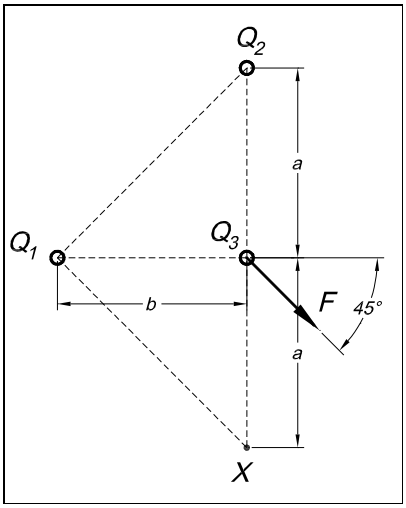
5. zadatak (12 bodova)

Tri točkasta naboja (Q_1, Q_2 i Q_3) zanemarive mase učvršćena su na položajima kao na slici. Ukupna sila kojom naboji Q_1 i Q_2 djeluju na naboj Q_3 je sila F čiji je smjer prikazan na slici.

a) Koliki je iznos ukupne sile kojom naboji Q_1 i Q_3 djeluju na naboj Q_2?

b) Koliki bi se rad obavio pri premještanju naboja Q_2 iz položaja prikazanog na slici u točku X?

a= 3 cm, b= 4 cm, Q_2 = +0.2 μC, Q_3 =2Q_2, k=9·10^9 Nm^{2}C^{-2}



OPĆINSKO/GRADSKO (ILI ŠKOLSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE – 7. veljače 2011.

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 (8 bodova)

a) Masa zraka koja se udahne u jednom udahu je:

$$m = V\rho = 0.5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}^3 \cdot 1.2\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 6 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{kg} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Toplina potrebna za zagrijavanje tog zraka:

$$Q = mc\Delta t = 6 \cdot 10^{-4}\,kg \cdot 1020\frac{J}{kgK} \cdot 57K \qquad \textbf{(2 boda)}$$

$$= 34.884\mathrm{J} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

b) Budući da u jednoj minuti čovjek udahne 20 puta, toplina potrošena u jednom satu je:

$$20 \cdot 60 \cdot Q = 41860.8\mathrm{J} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

c) Snaga pluća je:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{41860.8\,\mathrm{J}}{3600\mathrm{s}} = 11.628\mathrm{W} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

2. zadatak (10 bodova)

Neka su statički tlak, poprečni presjek cijevi i brzina vode u podrumu $(p_1, S_1 = r_1^2\pi, v_1)$, a u cijevi na koju je spojen tuš u kupaonici $(p_2, S_2 = S_1/2, v_2)$. Poznate vrijednosti: $h = 9\mathrm{m}$, $\rho = 1000\mathrm{kg/m^3}$, $v_1 = 1\mathrm{m/s}$, $r_1 = 0.006\mathrm{m}$, $p_1 = 4 \cdot 10^5\,\mathrm{Pa}$, $r_3 = 0.0005\mathrm{m}$

Primjenom Bernoullijeve jednadžbe dobivamo:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^{\,2}}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho gh \quad (*) \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Protok vode je stalan pa vrijedi

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \qquad \textbf{(1bod)}$$

i budući da je $S_1 = 2S_2$ dobije se

$$v_2 = 2v_1 \quad (**) \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Uvrštavanjem (**) u (*), te uvrštavanjem poznatih vrijednosti, dobije se da je statički tlak u cijevi tuša:

$$p_2 = p_1 + \frac{\rho(-3v_1^{\,2})}{2} - \rho gh \qquad \textbf{(1bod)}$$

$$= 310210\mathrm{Pa} \qquad \textbf{(1bod)}$$

(ako se računa s $g = 10\mathrm{m/s^2}$, dobije se $p_2 = 308500\mathrm{Pa}$)

Neka je površina svake rupice na tušu $S_3 = r_3^2\pi$, a brzina istjecanja vode iz tuša je v_3. Prema jednadžbi kontinuiteta vrijedi:

$$S_2 v_2 = 20 S_3 v_3 \qquad \textbf{(2 bod)}$$

$$v_3 = \frac{S_2 v_2}{20 S_3} = \frac{\frac{S_1}{2} 2v_1}{20 r_3^2 \pi} = \frac{r_1^2 v_1}{20 r_3^2}. \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$v_3 = 7.2\,\mathrm{m/s} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

3. zadatak (11 bodova)

Sila napetosti jednaka je razlici ukupne težine i ukupne sile uzgona na kocku B:

$$F_N = G_A + G_B - F_{u1} - F_{u2} \qquad \textbf{(3 boda)}$$

pri čemu su

$$G_A = G_B = mg = V\rho_K g \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$F_{u1} = 0.75 V g \rho_1 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$F_{u2} = 0.25 V g \rho_2 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Konačno se dobiva:

$$F_N = Vg(2\rho_K - 0.75\rho_1 - 0.25\rho_2) \qquad \textbf{(1bod)}$$

$$F_N = (0.1\mathrm{m})^3 \cdot g \cdot (1070\mathrm{kg}/m^3) = (1.07\mathrm{kg}) \cdot g = 10.4967\mathrm{N} \qquad \textbf{(1bod)}$$

b) U trenutku kidanja niti težina kocke B je veća od ukupne sile uzgona na nju, pa se kocka počne gibati prema dnu posude. Kocka će se zaustaviti prije nego udari o dno posude ako postoji položaj u kojem su ukupna sila uzgona i težina kocke jednaki po iznosu. Neka je u tom položaju *x*-ti dio volumena kocke uronjen u tekućinu gustoće ρ_1.

$$Vg\rho_K = xVg\rho_1 + (1-x)Vg\rho_2 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Rješenje je:

$$x = \frac{\rho_K - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} = 0.2$$

20% volumena kocke B je u tekućini ρ_1, a 80% je u tekućini ρ_2 **(1 bod)**

4. zadatak (9 bodova)

Prije puštanja klipa vrijedi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = n_1 R \;\text{ i }\; \frac{p_2 V_2}{T_2} = n_2 R \qquad \textbf{(2 bod)}$$

Nakon zaustavljanja klipa vrijedi:

$$\frac{p_1^* V_1^*}{T_1 + \Delta T} = n_1 R \text{ i } \frac{p_2^* V_2^*}{T_2 - \Delta T} = n_2 R \qquad \textbf{(2 bod)}$$

Uvjet zaustavljanja klipova je da su se tlakovi izjednačili i označimo taj tlak s p :

$$p_1^* = p_2^* = p \quad \textbf{(2 boda)}$$

Na temelju gornjih jednadžbi vrijedi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p V_1^*}{T_1 + \Delta T} \text{ (*) i } \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p V_2^*}{T_2 - \Delta T} \text{ (**)}$$

Ukupni volumen klipa se nije promijenio pa vrijedi:

$$V_1 + V_2 = V_1^* + V_2^* \text{ (***)} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Ako iz (*) i (**) izrazimo V_1^* i V_2^* te uvrstimo u izraz (***) i sredimo, dobit ćemo izraz za p:

$$p = \frac{p_1 V_1 T_2 (T_1 + \Delta T) + p_2 V_2 T_1 (T_2 - \Delta T)}{(V_1 + V_2) T_1 T_2} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

5. zadatak (12 bodova)

Naboji Q_1 *i* Q_2 djeluju na Q_3 silama iznosa:

$$F_{13} = k\frac{Q_1 Q_3}{b^2} \text{ i } F_{23} = k\frac{Q_2 Q_3}{a^2} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Obzirom na zadani smjer ukupne sile, mora vrijediti:**.**

$$F_{13} = F_{23} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Izjednačavanjem izraza za sile dobiva se omjer naboja:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{b^2}{a^2} \qquad \textbf{(1 bod)}.$$

Ukupna sila na Q_2 dobije se zbrajanjem (vektorskim!) sila kojom Q_1 i Q_3 djeluju na njega i čiji su iznosi:

$$F_{12} = k\frac{Q_1 Q_2}{a^2 + b^2} \text{ i } F_{32} = k\frac{Q_3 Q_2}{a^2} = k\frac{2Q_2^2}{a^2} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Budući da sila F_{12} zatvara kut od 45° prema horizontali, *x* i *y* komponenta te sile su jednake i iznose:

$$F_{12x} = F_{12y} = k\frac{Q_1 Q_2}{a^2 + b^2}\frac{1}{\sqrt{2}} \quad \textbf{(1 bod)}$$

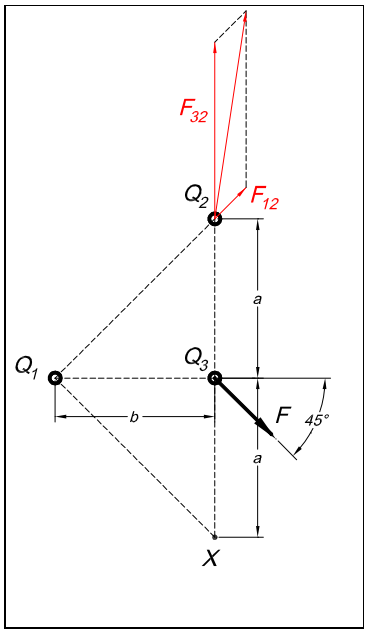
$$= k\frac{b^2 Q_2^2}{a^2(a^2 + b^2)\sqrt{2}}$$

Iznos ukupne sile F_{ukupno} na naboj Q_2 je prema Pitagorinom poučku:

$$F_{ukupno}{}^2 = (F_{12x})^2 + (F_{12y} + F_{32})^2 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

pa se konačno dobije:

$$F_{ukupno} = \sqrt{(0.181\text{N})^2 + (0.181\text{N} + 0.8\text{N})^2} = 0.998\text{N}$$ **(2 boda)**



b) Obavljeni rad jednak je

$$W = Q_2(\varphi_x - \varphi_0)$$ **(1 bod)**

pri čemu su φ_0 i φ_x potencijali u početnoj točki i u točki X i svaki se dobije zbrajanjem doprinosa od naboja Q_1 i Q_3:

$$\varphi_{x,0} = \varphi_1 + \varphi_3$$ **(1 bod)**

pri čemu je potencijal uzrokovan nabojem Q_i na udaljenosti r_i od njega: $\varphi_i = k\dfrac{Q_i}{r_i}$, gdje su $i = 1,3$ i $r_i = \sqrt{a^2 + b^2}, a$

Budući da su u oba slučaja naboji Q_1 i Q_3 jednako udaljeni do naboja Q_2 vrijedi:

$$\varphi_x = \varphi_0$$ **(1 bod)**

pa je obavljeni rad nula. **(1 bod)**