

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2004/05.

Srednje škole - 2. grupa

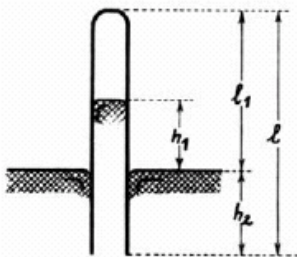
1. zadatak (10 bodova)

Šuplja lopta, unutarnjeg polumjera $r_1 = 9$ cm i vanjskog $r_2 = 10$ cm, pliva na tekućini gustoće $\rho = 800$ kg/m³, pri čemu je polovina lopte iznad tekućine.

- Kolika je gustoća tvari od koje je izrađena lopta?
- Kolika bi trebala biti gustoća tekućine da bi u njoj lopta lebdjela?

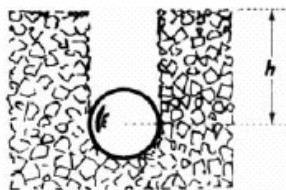
2. zadatak (10 bodova)

Staklena cijev (slika) duljine $l = 20$ cm, koja je zatvorena na jednom kraju, sadrži određenu količinu zraka. Cijev se svojim otvorenim krajem uroni u živu tako da iznad razine žive u posudi ostane njen dio duljine $l_1 = 15$ cm. Pod tim uvjetima se u cijevi nalazi stupac žive visine $h_1 = 5$ cm na temperaturi $t_1 = 0$ °C. Koliko je potrebno povisiti temperaturu zraka u cijevi da bi on ispunio čitav volumen cijevi? Gustoća žive je $\rho = 13600$ kg/m³, a vanjski tlak je $p = 1000$ mbar.



3. zadatak (10 bodova)

Željezna kugla polumjera $R = 2$ cm, izvadi se iz vode koja vrije i postavi na led, čija je temperatura $t_1 = 0$ °C. Do koje dubine h će kugla utonuti u led (slika)? Specifična toplina taljenja leda je $q_t = 0.33$ MJ/kg, specifični toplinski kapacitet željeza $c = 460$ J/(kgK), gustoća leda je $\rho_1 = 917$ kg/m³, a željeza $\rho_2 = 7870$ kg/m³, dok je vanjski tlak $p = 1013$ mbar. Zanimariti promjenu gustoće i specifičnog toplinskog kapaciteta željeza uslijed promjene temperature.



4. zadatak (10 bodova)

Dvije kuglice čije su mase $m_1 = 0.5$ g i $m_2 = 1.5$ g nalaze se u vakuumu na udaljenosti $r_0 = 20$ cm. Ako se lakša kuglica naelektrizira nabojem $q_1 = 80$ nC, a veća s $q_2 = -20$ nC, kolike će biti njihove relativne brzine v' kad se zbog elektrostatskog privlačenja ove dvije kuglice nađu na međusobnoj udaljenosti $r_1 = 8$ cm, u slučajevima:

- da je prva kuglica nepokretna, a druga slobodna
- da se obje kuglice slobodno gibaju jedna prema drugoj

5. zadatak (10 bodova)

Kolika se količina topline ΔQ utroši pri zagrijavanju $m = 200$ g kisika, pri stalnom tlaku, od $t_1 = 20$ °C do $t_2 = 80$ °C? Koliki je porast unutrašnje energije ΔU kisika? Koliki rad ΔW pri tome obavi plin? Specifični toplinski kapaciteti kisika su: $c_p = 912$ J/(kg°C) i $c_v = 649$ J/(kg°C).

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2004./05.

Srednje škole - 2. grupa - rješenja

1. zadatak

a) Označimo s ρ_L gustoću lopte. Prema uvjetima zadatka je (Arhimedov zakon+uvjet ravnoteže)

$$G - U = 0 \quad (0.1)$$

gdje je $G = mg$ težina lopte, a U uzgon na uronjeni dio lopte [1 bod]. Tako je

$$\rho_L V_{\text{punni dio lopte}} g - \rho g V_{1/2 \text{ lopte}} = 0 \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.2)$$

(gdje je $V_{\text{punni dio lopte}} = \frac{4}{3} \pi (r_2^3 - r_1^3)$ [1 bod], a $V_{1/2 \text{ lopte}} = \frac{2}{3} r_2^3 \pi$) iz čega se dobije

$$\rho_L = \frac{\rho}{2} \frac{1}{1 - \frac{r_1^3}{r_2^3}} \approx 1476 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [3 \text{ boda}] \quad (0.3)$$

b) Označimo s ρ' gustoću one tekućine u kojoj lopta lebdi. Tad je

$$\rho_L V_{\text{punni dio lopte}} g - \rho' g V_{\text{lopte}} = 0 \quad [1 \text{ bod}] \quad (0.4)$$

Rješavanjem po ρ' dobije se

$$\rho' = \rho_L \left(1 - \frac{r_1^3}{r_2^3} \right) \approx 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.5)$$

2. zadatak

Prema jednadžbi stanja idealnog plina $pV = nRT$ dobije se (u jednadžbi jedino količina zraka n ostaje nepromijenjena)

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.6)$$

pa je

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} T_1 \quad (0.7)$$

pojedine veličine u toj jednadžbi su: $p_1 = p - \rho g h_1 \approx 93329 \text{ Pa}$ [2 bod], $T_1 = 273.15 \text{ K}$, $V_1 = S(l_1 - h_1)$ [1 bod], $p_2 = p + \rho g h_2 = p + \rho g(l - l_1) \approx 106671 \text{ Pa}$ [2 bod], $V_2 = Sl$ gdje je S poprečni presjek cijevi. Kad se ovi izrazi uvrste u (0.7) dobije se

$$T_2 = \frac{p_2 l}{p_1 (l_1 - h_1)} T_1 \approx 624.4 \text{ K} \quad [3 \text{ boda}] \quad (0.8)$$

pa temperaturu treba povisiti za $\Delta T = T_2 - T_1 \approx 351.2 \text{ K}$ odnosno $^{\circ}\text{C}$.

3. zadatak

Toplina koju je predala kugla jednaka je toplini koju je primio led uslijed čega se otopila masa leda m_l . Dakle, može se pisati

$$cm_{\text{kugla}} (T_2 - T_1) = m_l q_t \quad [3 \text{ boda}] \quad (0.9)$$

Masa kugle izražena preko gustoće ρ_2 i volumena je $m_{\text{kugle}} = \frac{4}{3} R^3 \rho_2$, dok je (slika) volumen otopljenog leda $V_l = R^2 \pi h + \frac{2}{3} R^3 \pi$ [2 bod] pa je $m_l = \rho_1 V_l = \rho_1 (R^2 \pi h + \frac{2}{3} R^3 \pi)$. Kad se to uvrsti u (0.9) i riješi po h dobije se

$$h = \frac{2R}{3} \frac{2c\rho_2 (T_2 - T_1) - \rho_1 q_t}{q_t \rho_1} \approx 1.86 \text{ cm} \quad [5 \text{ bodova}] \quad (0.10)$$

4. zadatak

a) Primijeni li se zakon o očuvanju energije, tj. $(E_P + E_K)_{\text{kuglice na udaljenosti } r_0} = (E_P + E_K)_{\text{kuglice na udaljenosti } r_1}$ gdje su E_P i E_K redom potencijalna odn. kinetička energija nabijenih kuglica dobije se

$$k \frac{q_1 q_2}{r_0} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + k \frac{q_1 q_2}{r_1} \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.11)$$

pa se za v_2 izračuna (kuglica 1 miruje tj. $v_1 = 0$)

$$v_2 = \sqrt{\frac{2kq_1 q_2}{m_2} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1} \right)} \approx 0.38 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [1 \text{ bod}] \quad (0.12)$$

odn. relativna brzina je $v' = v_2 - v_1 \approx 0.38 \text{ m/s}$ [1 bod]

b) Kao u a) primijeni se zakon o očuvanju energije ali i zakon o očuvanju impulsa (početne brzine, pa tako i impulsi kuglica su jednaki 0) pa se dobije

$$k \frac{q_1 q_2}{r_0} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + k \frac{q_1 q_2}{r_1}; \quad (0.13)$$

$$0 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad [3 \text{ boda}]$$

Ovo je sustav dvije jednadžbe s dvije nepoznanice (v_1 i v_2) pa ako se npr. izrazi v_2 pomoću v_1 iz druge jednadžbe $v_2 = -m_1/m_2 v_1$ i uvrsti u prvu dobije se za v_1

$$v_1 = \sqrt{\frac{2kq_1 q_2}{m_1 + m_1^2/m_2} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1} \right)} \approx 0.57 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.14)$$

pa je $v_2 = -1/3 v_1 \approx -0.19 \text{ m/s}$ odn. relativna brzina dviju kuglica je $v' = v_2 - v_1 \approx 0.76 \text{ m/s}$ [1 bod]

5. zadatak

Proces je izobaran pa se utroši toplina

$$\Delta Q = c_p m \Delta T = 10944 \text{ J} \quad [3 \text{ boda}] \quad (0.15)$$

Prema 1. zakonu termodinamike tj.

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = \Delta U + p \Delta V \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.16)$$

iz čega se vidi da je promjena unutarnje energije ΔU pri konstantnom volumenu ($\Delta V = 0$) jednaka prenesenoj toplini pri konstantnom volumenu tj.

$$\Delta U = (\Delta Q)_{V=\text{konst.}} = c_v m \Delta T = 7788 \text{ J} \quad [3 \text{ boda}] \quad (0.17)$$

Plin obavi rad

$$\Delta W = \Delta Q - \Delta U = 3156 \text{ J} \quad [2 \text{ boda}] \quad (0.18)$$