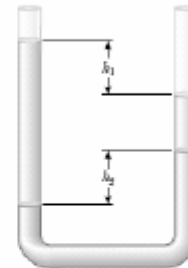


OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.
Srednje škole - 2. grupa

1. zadatak (10 bodova)

U-cijev jednolikog poprečnog presjeka otvorena je prema atmosferi i dijelom napunjena živom. Zatim se u oba njena otvora ulije voda (slika). U ravnotežnoj situaciji cijevi na slici razlika između razina žive u desnom i lijevom kraku cijevi je $h_2 = 1\text{ cm}$. Koliko iznosi h_1 (razlika između razina vode)? Gustoća žive je $\rho_{\text{Hg}} = 13600\text{ kg/m}^3$, a vode $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{ kg/m}^3$.



2. zadatak (10 bodova)

U eksperimentu u kojem se želi odrediti latentna toplina taljenja leda, 200 g vode koja se nalazi u željeznoj posudi mase 200 g na temperaturi od 30°C hladi se dodavanjem leda na temperaturu od 10°C . Posuda (zajedno s vodom) se na kraju eksperimenta izvaže te se ustanovi da joj se masa povećala za 50 g. Odredite latentnu toplinu taljenja leda! Specifični toplinski kapacitet željeza je $c_{\text{Fe}} = 0.44\text{ J/(gK)}$, a vode $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4.186\text{ J/(gK)}$.

3. zadatak (10 bodova)

Zamislite dijete vanzemaljca kako se igra sa sfernim balonom veličine Zemlje u udaljenom sunčevom sustavu. Plin helij unutar balona ima (unutar cijelog balona jednaku) temperaturu od 50 K zbog zračenja sa Sunca. Jednoliki tlak helija u balonu jednak je normalnom atmosferskom tlaku na Zemlji.

- Nađite masu plina u balonu
- Dijete napuše dodatnu masu od $8 \cdot 10^{20}\text{ kg}$ helija u balon. Istovremeno, približi se Suncu tako da se tlak u balonu udvostruči. Nađite (novu) temperaturu unutar balona, čiji volumen ostaje nepromijenjen.

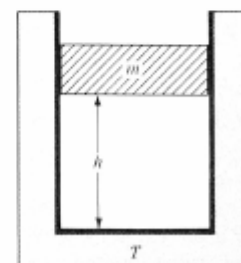
Molarna masa helija je $M = 4 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$, opća plinska konstanta $R = 8.314\text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$. Polumjer Zemlje je $R \approx 6370\text{ km}$. Normalni atmosferski tlak je $p_A \approx 1.013 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Helij smatrate idealnim plinom.

4. zadatak (10 bodova)

Kubni metar helija na početnoj temperaturi od 0°C i atmosferskom tlaku $p_A = 101325\text{ Pa}$ hladi se pri stalnom tlaku dok ne poprimi volumen od 0.75 m^3 . Koliko mu se pritom oduzme topline? Plin smatrate idealnim.

5. zadatak (10 bodova)

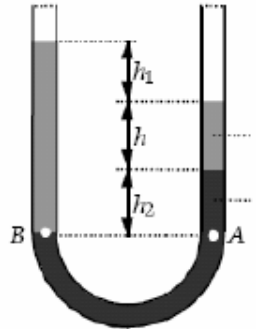
Posuda oblika cilindra čiji je unutarnji promjer 4 cm sadrži zrak pritisnut s gornje strane klipom mase $m = 13\text{ kg}$, koji može slobodno kliziti gore-dolje (slika). Čitav postav se stavi u vodenu kupku kojoj je moguće kontrolirati temperaturu. Sistem je na početku na temperaturi $t_p = 20^\circ\text{C}$. Početna visina klipa iznad dna posude je $h_p = 4\text{ cm}$. Temperatura vodene kupke se postepeno povisuje sve do konačne temperature $t_k = 100^\circ\text{C}$. Izračunajte na kojoj se visini (od dna posude) tada nalazi klip.



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2005/06.

Srednje škole - 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)



Ako se promotre dvije točke A i B kao na slici i uzme u obzir Pascalov zakon, vidi se da je tlak u točki B jednak tlaku u A tj. $p_A = p_B$ [3 boda]. Tlakovi u točkama A i B jednaki su, redom

$$\begin{aligned} p_A &= p_0 + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gh + \rho_{\text{Hg}}gh_2 \\ p_B &= p_0 + \rho_{\text{H}_2\text{O}}g(h_1 + h + h_2) \end{aligned} \quad [4 \text{ boda}] \quad (1)$$

(gdje je na desnoj strani jednadžbe p_0 atmosferski tlak, ostalo su odgovarajući hidrostatski tlakovi žive i vode) pa kad se to izjednači slijedi

$$h_1 = \left[\frac{\rho_{\text{Hg}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} - 1 \right] h_2 = (13.6 - 1) \cdot 1 \text{ cm} = 12.6 \text{ cm} \quad [3 \text{ boda}] \quad (2)$$

2. zadatak (10 bodova)

Toplina koju predaju voda i željezna posuda (i time se hlade s $t_p = 30^\circ\text{C}$ na $t_k = 10^\circ\text{C}$) jednaka je toplini koju led primi pri čemu se otopi i zatim zagrije na 10°C [2 boda]- dakle

$$L\Delta m + \Delta mc_{\text{H}_2\text{O}}t_k = (m_0c_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{Fe}}c_{\text{Fe}})(t_p - t_k) \quad [4 \text{ boda}] \quad (3)$$

gdje je $m_0 = 200 \text{ g}$ početna masa vode, $m_{\text{Fe}} = 200 \text{ g}$ masa posude od željeza, $\Delta m = 50 \text{ g}$ masa dodanog leda (to je masa za koju se uvećala ukupna masa posude s vodom). Prema tome

$$L = \frac{(m_0c_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{Fe}}c_{\text{Fe}})(t_p - t_k) - \Delta mc_{\text{H}_2\text{O}}t_k}{\Delta m} \quad (4)$$

odnosno kad se uvrste brojke, dobije se

$$L \approx 328 \text{ J/g} \quad [4 \text{ boda}] \quad (5)$$

3. zadatak (10 bodova)

a) Prema jednadžbi stanja za idealni plin (M je molarna masa helija)

$$p_p V_p = n_p RT_p = \frac{m_p}{M} RT_p \quad (6)$$

gdje su p_p , V_p , n_p , m_p , T_p redom početni tlak (jednak normalnom atmosferskom tlaku), početni volumen balona, množina atoma helija, masa helija u balonu i početna temperatura. Jednadžba (6) se lako riješi po m_p pa se dobije

$$m_p = \frac{Mp_p V_p}{RT_p} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.013 \cdot 10^5 \cdot 4\pi (6.37 \cdot 10^6)^3}{3 \cdot 8.314 \cdot 50} \approx 1.06 \cdot 10^{21} \text{ kg} \quad [3 \text{ boda}] \quad (7)$$

b) Prema jednadžbi stanja dobije se

$$\frac{p_k V_k}{p_p V_p} = \frac{n_k R T_k}{n_p R T_p} = \frac{m_k T_k}{m_p T_p} \quad [2 \text{ boda}] \quad (8)$$

pa ako se uzme u obzir da je $p_k/p_p = 2$, $V_k/V_p = 1$ kao i $m_k = m_p + 8 \cdot 10^{20} \text{ kg}$ [3 boda] dobije se

$$T_k = 57 \text{ K} \quad [2 \text{ boda}] \quad (9)$$

4. zadatak (10 bodova)

Temperatura se nađe pomoću jednadžbe stanja (količina tj. množina plina je ostala nepromijenjena) tj.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (10)$$

i uz uvjet zadatka $p_1 = p_2 = p_A$ slijedi

$$\frac{1}{273} = \frac{0.75}{T_2} \Rightarrow T_2 \approx 205 \text{ K} \quad [2 \text{ boda}] \quad (11)$$

Prema prvom zakonu termodinamike

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \quad [1 \text{ bod}] \quad (12)$$

i uz $\Delta U = n c_v \Delta T$ (gdje je n množina atoma helija, c_v specifični toplinski kapacitet pri konstantnom volumenu, a $\Delta T = T_2 - T_1$ promjena temperature) pa je

$$\Delta Q = n c_v \Delta T + p \Delta V \quad [2 \text{ boda}] \quad (13)$$

Također, za monoatomne (i idealne) plinove vrijedi $c_p/c_v = 5/3$ i $c_p - c_v = R$ iz čega se dobije da je $c_v = 3/2 R \approx 12.47 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ [2 boda]. Uzevši u obzir da pri normalnim uvjetima 1 kmol plina zauzima 22.4 m^3 (pa zato u 1 m^3 ima $1/22.4$ kmol plina) [1 bod] slijedi

$$\Delta Q = \frac{10^3}{22.4} 12.47 \cdot (205 - 273) + 101325 \cdot (0.75 - 1) \approx -63.2 \text{ kJ} \quad [2 \text{ boda}] \quad (14)$$

Negativni predznak označava da se toplina plinu oduzima.

5. zadatak (10 bodova)

Kako se masa klipa kao i tlak kojim (zbog vlastite težine) zajedno s atmosferskim tlakom klip djeluje na zrak u posudi- ne mijenjaju, primijeni se Charlesov zakon tj.

$$\frac{V_p}{T_p} = \frac{V_k}{T_k} \quad [4 \text{ boda}] \quad (15)$$

Cilindrična posuda ima svugdje jednaku površinu poprečnog presjeka A tako da je

$$\frac{V_k}{V_p} = \frac{h_k}{h_p} \quad [2 \text{ boda}] \quad (16)$$

tj. kad se kombiniraju (15) i (16) dobije se za konačnu visinu

$$h_k = h_p \frac{V_k}{V_p} = h_p \frac{T_k}{T_p} \quad (17)$$

što se uz $t_p = 20^\circ \text{C}$ i $t_k = 100^\circ \text{C}$ tj. odgovarajuće temperature u kelvinima $T_p = 293.15 \text{ K}$ i $T_k = 373.15 \text{ K}$ kao i $h_p = 4 \text{ cm}$ svodi na

$$h_k \approx 5.09 \text{ cm} \quad [4 \text{ boda}] \quad (18)$$