ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 8. ožujka 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)

Početni volumen plina je:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = 0.0609 m^3$$ **(1 bod)**

Prvo zagrijavanje plina je izohorno ($V_1 = V_2$), pa je obavljeni rad nula i vrijedi:

$$Q = \Delta U$$ **(1 bod)**

Budući da je

$$\Delta U = nC_V \Delta T = nC_V (T_2 - T_1)$$

prvim zagrijavanjem se plinu povećala temperatura za

$$\Delta T = \frac{Q}{nC_V} = \frac{1.5 \cdot 10^4 \text{ J}}{2.5\text{mol} \cdot \frac{3}{2} 8.314 \frac{\text{J}}{\text{Kmol}}} = 481.12\text{K}$$ **(1 bod)**

tj.

$$T_2 = (481.12 + 293.15)\text{K} = 774.27\text{K}$$

Drugo zagrijavanje je izobarno ($p_2 = p_3$), pa je prema jednadžbi stanja idealnog plina:

$$\frac{T_2}{V_2} = \frac{T_3}{V_3} \Rightarrow T_3 = \frac{2V_2}{V_2} T_2 = 2T_2$$ **(1 bod)**

Konačna temperatura plina je:

$$T_3 = 1548.54\text{K}$$ **(1 bod)**

Količina primljene topline tijekom ekspanzije plina je:

$$Q = \Delta U + W = nC_V (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2)$$ **(1 bod)**

pri čemu je

$$p_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = 264120\text{Pa}$$

pa se izraz za rad plina i toplinu svode na $W = nRT_2$ i $Q = \frac{5}{2} nRT_2$ **(1 bod)**

Konačno, toplina koju je plin primio je:

$$Q = 40233\text{J}$$ **(1 bod)**

2. zadatak (9 bodova)

Početna i konačna temperatura vode su $t_{o,voda} = 90^\circ\text{C}$ i τ.

Masa vode i tvari A su $m_{voda} = 1\text{kg}$ i $m_A = 1\text{kg}$.

Na temelju grafa mogu se izračunati:

1. latentna toplina za taljenje tvari A:

$$\lambda_A = \frac{2000\text{J}/\text{min} \cdot 20\,\text{min}}{2\text{kg}} = 20000\text{J/kg}$$ **(1 bod)**

2. specifični toplinski kapacitet tvari A u čvrstom stanju:

$$c_{A\check{C}} \frac{2000\text{J}/\text{min} \cdot 20\,\text{min}}{2\text{kg} \cdot 100\text{K}} = 200\text{J/kgK}$$ **(1 bod)**

3. specifični toplinski kapacitet tvari A u tekućem stanju:

$$c_{At} = \frac{2000\text{J}/\text{min} \cdot 10\,\text{min}}{2\text{kg} \cdot 200\text{K}} = 50\text{J/kgK}$$ **(1 bod)**

Toplina oslobođena hlađenjem vode:

$$Q_{voda} = m_{voda} c_{voda} (t_{o,voda} - \tau)$$

$$= 377100\text{J} - 4190\text{J/K}\,\tau$$ **(1 bod)**

Ta toplina se troši na:

1. zagrijavanje tvari A od -2°C do 20°C (točka tališta tvari A):

$$Q_{A1} = m_A c_{A\check{C}} \Delta t = m_A c_{A\check{C}} (22^\circ\text{C}) = 4400\text{J}$$ **(1 bod)**

2. taljenje tvari A:

$$Q_{A2} = m_A \lambda_A = 20000\text{J}$$ **(1 bod)**

3. zagrijavanje rastaljene tvari A do konačne temperature τ:

$$Q_{A3} = m_A c_{At} \Delta t = m_A c_{At} (\tau - 20^\circ\text{C})$$

$$= 50\text{J/K}\,\tau - 1000\text{J}$$ **(1 bod)**

Dakle, ukupna toplina koju primi tvar A je $Q_A = Q_{A1} + Q_{A2} + Q_{A3}$

Budući da vrijedi

$$Q_A = Q_{voda}$$ **(1 bod)**

za konačnu temperaturu smjese se dobije:

$$\tau = 83.4^\circ\text{C}$$ **(1 bod)**

3. zadatak (11 bodova)

U ravnoteži pri temperaturi T_o vrijedi:

(1) $$p_1 = p_2 + \frac{mg}{S}$$ **(2 boda)**

pri čemu su p_1 tlak u donjem dijelu cilindra, p_2 tlak u gornjem dijelu cilindra, a m i S su masa i površina baze cilindra (tj. klipa).

Prema jednadžbi stanja idealnog plina vrijedi:

(2) $$p_1 V_1 = nRT_o \text{ i } p_2 V_2 = nRT_o$$

Zadano je

(3) $$V_2 = 5V_1$$

Uvrštavanjem (2) i (3) u (1) dobiva se:

(4) $$\frac{4nRT_o}{5V_1} = \frac{mg}{S}$$ **(1 bod)**

Istim postupkom se dobiva da na novoj ravnotežnoj temperaturi T mora vrijediti

(5) $$\frac{3nRT}{4V_1^*} = \frac{mg}{S}$$ **(1 bod)**

Pri čemu, budući da je ukupni volumen stalan, vrijedi

$$V_1 + V_2 = V_1^* + V_2^*$$

tj.

(6) $$6V_1 = 5V_1^*$$ **(1 bod)**

Izjednačavanjem (4) i (5), te uzimajući u obzir (6) dobije se:

$$T = T_o \frac{32}{25} = 1.28T_o$$ **(1 bod)**

Da bi se klip ponovo spustio na visinu na kojoj vrijedi (3), lift se mora gibati prema **gore (1 bod)** jednoliko ubrzano tako da vrijedi:

(7) $$p_1^{**} = p_2^{**} + \frac{mg}{S} + \frac{ma}{S}$$ **(1 bod)**

pri čemu su:

(8) $$p_1^{**} = \frac{nRT}{V_1} \quad \text{i} \quad p_2^{**} = \frac{nRT}{5V_1}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem (8) u (7):

(9) $$\frac{4nRTS}{5V_1 m} = g + a$$

Uzimajući u obzir relaciju (4) dobiva se:

(10) $$a = g(\frac{T}{T_o} - 1) = 0.28g$$ **(2 boda)**

4. zadatak (10 bodova)

Ukupni obavljeni rad jednak je promjeni kinetičke energije:

$$W = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$ **(2 boda)**

pri čemu su v_1 i v_2 brzine tekućine u cilindru i malom otvoru

Ako duljinu cilindra označimo s l, vrijedi:

$$W = Fl$$ **(1 bod)**

Masa tekućine je:

$$m = (R^2\pi)l\rho$$ **(1 bod)**

Prva jednadžba se svodi na:

(1) $$\frac{F}{R^2\pi} = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2}$$

Prema jednadžbi kontinuiteta:

(2) $$R^2\pi v_1 = r^2\pi v_2$$ **(1 bod)**

Na temelju (1) i (2) za brzinu istjecanja tekućine kroz mali otvor se dobije:

$$v_2^2 = \frac{2F}{R^2\pi\rho}\left(\frac{1}{1-\frac{r^4}{R^4}}\right)$$

tj. $$v_2 = R\sqrt{\frac{2F}{\pi\rho(R^4 - r^4)}}$$ **(2 boda)**

Početni volumen tekućine u cilindru jednak je volumenu tekućine koji je izašao kroz mali otvor:

$$(R^2\pi)l = (r^2\pi)v_2 t$$ **(1 boda)**

pa je duljina cilindra:

$$l = \frac{r^2 v_2 t}{R^2}$$

Uzimajući u obzir konačni izraz za brzinu v_2, za rad se dobije

$$W = F\frac{r^2 t}{R^2}R\sqrt{\frac{2F}{\pi\rho(R^4 - r^4)}} = F\frac{r^2 t}{R}\sqrt{\frac{2F}{\pi\rho(R^4 - r^4)}}$$ **(2 boda)**

5. zadatak (12 bodova)

Neka je točka X ishodište koordinatnog sustava; os x je horizontalna, a os y vertikalna i ima smjer prema dole. Na nabijenu česticu djeluju dvije sile:

gravitacijska (duž osi y): $G = mg$ **(1 bod)**

električna (duž osi x): $F = qE$ **(1 bod)**

Prijeđeni put u y-smjeru je:

(1) $$y = \frac{gt^2}{2}$$ **(1 bod)**

Prijeđeni put u x-smjeru je:

(2) $$x = \frac{at^2}{2} = \frac{\frac{F}{m}t^2}{2}$$ **(1 bod)**

Budući da je u trenutku udara u drugu ploču $x = d$, iz relacije (2) se dobije da je vrijeme leta do druge ploče:

$$t^2 = \frac{2dm}{F} = \frac{2dm}{qE}$$ **(1 bod)**

Uvrštavanjem u (1) se dobiva:

$$y = \frac{g2dm}{2qE} = \frac{gdm}{qE}$$ **(1 bod)**

Točka Y je na visini $h - \frac{gdm}{qE}$ **(2 boda)**

Putanja čestice je pravac. **(2 boda)**

Traženi kut je:

$$\beta = 90^o - \alpha = 90^o - arctg\frac{y}{d} = 90^o - arctg\frac{gm}{qE}$$ **(2 boda)**

(Priznaje se i ako učenik izračuna kut $\alpha + 90^o$)