ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 08. ožujka 2011.

Srednje škole – 2. skupina

1. zadatak (8 bodova)

Početno se 2.5 mola jednoatomnog (C_V=(3/2)R) idealnog plina nalazi u cilindru na temperaturi 20°C i tlaku 10^5Pa. Plin se najprije zagrijava održavajući stalni volumen i pri tome plin primi $1.5\cdot10^4$J topline. Nakon toga plin se nastavi zagrijavati održavajući tlak stalnim. Zagrijavanje prestaje kada volumen plina postane dva puta veći od početnog.

a) Izračunajte konačnu temperaturu plina

b) Koliko je topline plin primio tijekom povećavanja volumena?

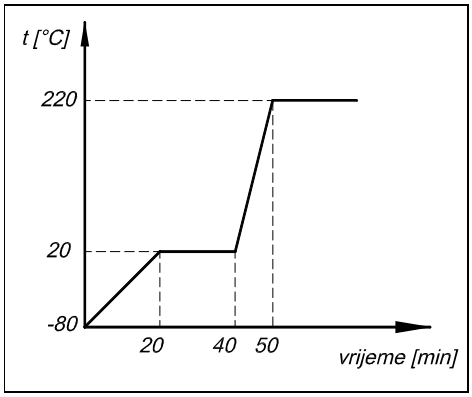
Opća plinska konstanta je 8.314 J/(mol K).

2. zadatak (9 bodova)

U toplinski izoliranoj posudi pomiješaju se 1kg tvari A temperature -2°C i 1 kg vrele vode temperature 90°C. Izračunajte temperaturu vode kada se uspostavi toplinska ravnoteža.

Graf prikazuje ovisnost temperature tvari A o vremenu kada se 2 kg tvari A, početno u čvrstom stanju na temperaturi -80°C, zagrijava pomoću grijača koji svake minute preda tvari A 2000 J.

Specifični toplinski kapacitet vode je 4190 J/(kgK)



3. zadatak (11 bodova)

Klip, koji može kliziti bez trenja, dijeli vertikalno postavljen zatvoren cilindar na dva dijela. U svakom dijelu se nalazi jedan mol zraka. U ravnoteži, pri temperaturi T_o, volumen gornjeg dijela je *5* puta veći od volumena donjeg dijela cilindra.

a) Pri kojoj temperaturi će volumen gornjeg dijela biti *4* puta veći od volumena donjeg dijela?

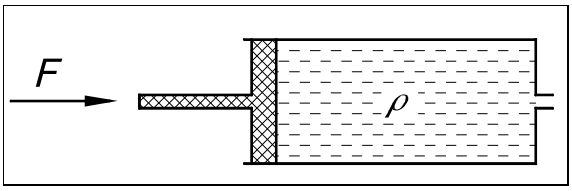
b) Ako se cilindar nalazi u dizalu, kolikim ubrzanjem se mora početi gibati dizalo i u kojem smjeru da bi se klip vratio na početnu poziciju prije zagrijavanja. Promjena temperature pri tome je zanemariva.

4. zadatak (10 bodova)

U horizontalno postavljenom cilindru s pomičnim klipom miruje nestlačiva tekućina gustoće ρ. Na suprotnoj strani od klipa nalazi se mali otvor. Polumjer cilindra (i klipa) je R, a malog otvora je r. Na klip počne djelovati horizontalna sila stalnog iznosa F i sva tekućina isteče kroz mali otvor za vrijeme t.

a) Kolikom brzinom tekućina izlazi kroz mali otvor?
b) Koliki je rad obavila sila F za vrijeme t?

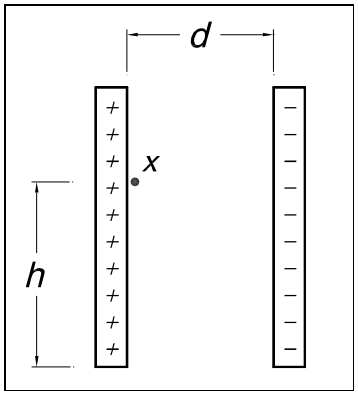
Trenje se zanemaruje.



5. zadatak (12 bodova)

Ploče kondenzatora postavljene su vertikalno, međusobno su udaljene za d i jakost električnog polja između ploča je E. Na visini h, uz pozitivno nabijenu ploču, nalazi se točka X. Iz te točke pusti se pozitivno nabijena čestica mase m i naboja q. Čestica udari o suprotnu ploču u točki Y.

a) Na kojoj visini(u odnosu na dno ploče) je točka Y?
b) Skicirajte (ili opišite riječima) putanju čestice od X do Y.
c) Pod kojim je kutem, u odnosu na negativnu ploču, čestica udarila u Y?



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

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

tj.

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

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:

$$T_3 = 1548.54\mathrm{K}$$ **(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

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

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:

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

2. zadatak (9 bodova)

Početna i konačna temperatura vode su $t_{o,voda} = 90^\circ\mathrm{C}$ 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:

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

2. specifični toplinski kapacitet tvari A u čvrstom stanju:

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

3. specifični toplinski kapacitet tvari A u tekućem stanju:

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

$$Q_{A1} = m_A c_{AČ} \Delta t = m_A c_{AČ} (22^\circ\text{C}) = 4400\text{J}$$ **(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) $$p_1 V_1 = nRT_o \quad \text{i} \quad p_2 V_2 = nRT_o$$

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)**

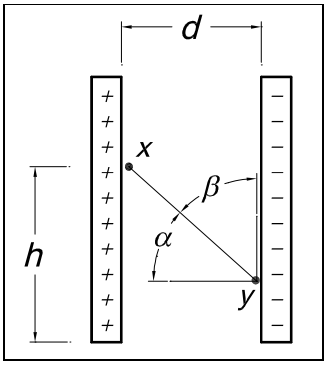
Uvrštavanjem u (1) se dobiva:

$$y = \frac{g2dm}{2qE} = \frac{gdm}{qE}$$ **(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 $\alpha + 90^o$)