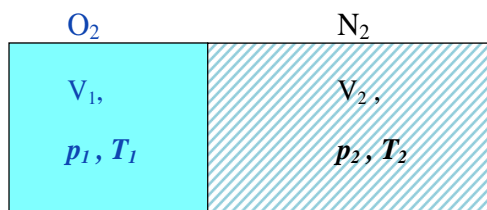


Termodinamika
I. Fizika BSC 2009-2010 II. félév
Zárthelyi dolgozat 2.

1.) Két különböző minőségű, kétatomos (pl. O_2 és N_2) ideális gáz található két szomszédos izolált edényben. Az egyiknek a nyomása $p_1(=p)$, a térfogata $V_1(=V)$, a hőmérséklete $T_1(=T)$, móltömege $M_1(=32\text{g/mol})$, a másiknak nyomása $p_2(2p)$, a térfogata $V_2(=3V)$, a hőmérséklete $T_2(=4T)$, móltömege $M_2(=28\text{g/mol})$.

/Ismerjük az ideális gáz entrópiáját: $S(T, V) = n (C_V \ln T + R \ln V + s_0)$ /



$T_k = ?; \Delta S = ?$

- a) Mekkora lesz a közös hőmérséklet ($T_k=?$), ha megszüntetjük az edények között a falat és nem engedünk a környezettel hőcserét? **15 pont**
b) Mekkora lesz az entrópia megváltozása a keveredés következtében ($\Delta S=?$)? **30 pont**

Megoldás:

Kétatomos ideális gázra gázra: $U_1 = n_1 C_{V1} T_1; U_2 = n_2 C_{V2} T_2$ ($C_{V1} = C_{V2} = 5/2R$)

a) $V = V_1 + V_2; U = U_1 + U_2; n = n_1 + n_2;$

A kezdeti adatokkal: $V = V_1 + V_2 = 4V;$

(az U szupepozíciója helyett): $nT = n_1 T_1 + n_2 T_2;$

v. másként: $pV = p_1 V_1 + p_2 V_2$

$$n = n_1 + n_2 = \frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} = n_1 + \frac{6}{4} n_1 = \frac{5}{2} n_1$$

tehát
$$p_k = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{pV + 6pV}{4V} = \frac{7}{4} p$$
 és

$$T_k = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2} = \frac{n_1 T + \frac{3}{2} n_1 4T}{\frac{5}{2} n_1} = \frac{14}{5} T$$

15 pont

b) $S(T, V) = n(C_V \ln T + R \ln V) + \text{állandó};$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = n_1 \left(C_V \ln \frac{T_k}{T_1} + R \ln \frac{V_k}{V_1} \right) + n_2 \left(C_V \ln \frac{T_k}{T_2} + R \ln \frac{V_k}{V_2} \right)$$

$$\Delta S = \frac{pV}{T} \left(C_V \ln \frac{2.8T}{T} + R \ln \frac{4V}{V} \right) + \frac{3pV}{2T} \left(C_V \ln \frac{2.8T}{4T} + R \ln \frac{4V}{3V} \right)$$

$$\Delta S = \left(\frac{pV}{T} \right) \left\{ \left(C_V \ln 2.8 + R \ln 4 \right) + \left(\frac{3}{2} \right) \left(C_V \ln 0.7 + R \ln \frac{4}{3} \right) \right\}$$

30 pont

2.) $M_j(=6\text{ gramm})$ tömegű, 0°C -os jeget megolvasztunk, majd a vizet 100°C -ra melegítjük, s aztán gőzzé forraljuk el. Mennyivel nőtt eközben az entrópia ($S_{g\ddot{o}z}^{100^\circ\text{C}} - S_{j\ddot{e}g}^{0^\circ\text{C}} = ?$)?

(A jég olvadáshője: $L_{olv.}(=334\text{ kJ/kg})$, a víz fajhője: $c(=4.2\text{ kJ/kgK})$, a víz forráshője:

$L_{forr.}(=2256\text{ kJ/kg})$).

25 pont

Megoldás:

Megoldás:

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T}; \text{ tehát fázisátalakuláskor: } L_f = T_{forr}(S_{gáz} - S_{foly}) \text{ ill. } L_o = T_{olv}(S_{foly} - S_{szil})$$

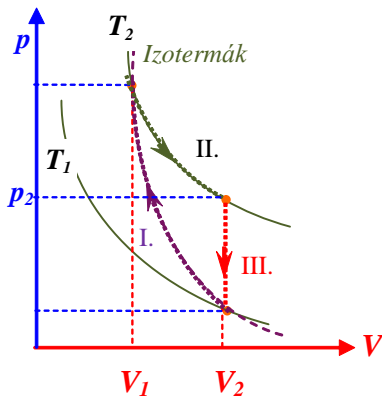
$$\text{a víz melegedésekor: } \Delta S = S(T_2) - S(T_1) = \int \frac{dQ_{rev}}{T} = \int_{T_1}^{T_2} c m \frac{dT}{T} = c m \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$S_{gőöz}^{100C} - S_{jég}^{0C} = (S_{gőöz}^{100C} - S_{víz}^{100C}) + (S_{víz}^{100C} - S_{víz}^{0C}) + (S_{víz}^{0C} - S_{jég}^{0C})$$

$$S_{gőöz}^{100C} - S_{jég}^{0C} = \left(\frac{Q_{forr}}{T_{forr}} \right) + \left(c m \ln \frac{T_{100}}{T_0} \right) + \left(\frac{Q_{olv}}{T_{olv}} \right) = m \left\{ \left(\frac{L_{forr}}{373K} \right) + \left(c \ln \frac{373}{273} \right) + \left(\frac{L_{olv}}{273K} \right) \right\}$$

15 pont

3.) Egy adiabatából (I.), egy izotermából (II.) és egy izochorból (III.) áll egy körfolyamat.



a) Mekkora e körfolyamat hatásfoka ($\eta=?$) **25 pont**

b) Mekkora a leadott hő? ($Q_{le}=?$) **15 pont**

(A gáz molekuláris /kétatomos: $C_V = 5/2R$,
móltömege M , ismert még: p_2, V_1, V_2, T_1, T_2)

Megoldás:

$$Q_I = 0; Q_{felvett} = Q_{II}; Q_{leadott} = |Q_{III}|$$

I. Az adiabatikus folyamatban nincs hőfelvétel: $Q_I = 0$ és $T_2 V_1^{\gamma-1} = T_1 V_2^{\gamma-1}$

II. Az izoterm folyamatban felvett hő: $Q_{II} = W = -\int p dV$

$$Q_{II} = nRT \int (1/V) dV = n R T_1 \ln(V_2 / V_1);$$

III. Az izochor folyamatban leadott hő: $Q_{III} = n C_V (T_2 - T_1) = p_2 V_2 / T_2 C_V (T_2 - T_1)$ **15 pont**

mivel $(V_1 / V_2)^{\gamma-1} = T_1 / T_2$, ezért $(\gamma-1) \ln(V_1 / V_2) = \ln(T_1 / T_2)$

$$|Q_{III}| = nRT_2 \frac{1}{\gamma-1} \ln \frac{T_2}{T_1} = n C_V T_2 \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{III}|}{Q_{II}} = 1 - \frac{n C_V (T_2 - T_1)}{n C_V T_2 \ln \frac{T_2}{T_1}}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2 - T_1}{T_2 \ln \frac{T_2}{T_1}}$$

25 pont

Maximális pontszám: 110 pont

Az új ponthatárok: 2: 40 pont-; 3: 55 pont-; 4: 70 pont-; 5: 85 pont

Budapest, 2010. Május 7.

dr. Kojnok József