

1. Írja le a termodinamika első és negyedik axiómáját! (2 pont)

2. Egy rendszer a következő egyenleteknek engedelmeskedik:

$$u = \left( \frac{RT}{v - v^2 RT} \right)^{1/2} \quad \text{és} \quad p = \left( u + \frac{1}{uv^2} \right) / \left( v + \frac{1}{u^2 v} \right),$$

- a. Adja meg az entrópia alapú intenzív,  $s=s(u,v)$  alakú fundamentális egyenletet! (4 pont)  
 b. Adja meg az  $S(U,V,N)$  fundamentális egyenletet is! (1 pont)  
 c. Adja meg a kémiai potenciált a hőmérséklet, a térfogat és az anyagmennyiség függvényében. (3 pont)

3. 3 mol ideális gázkeverék négy folyamatból álló cikluson meg át ( $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ ). A rendszer belső energia függvénye  $U = 7,5RT$ . Az A ( $V_A = 0,0800 \text{ m}^3$ ) és B ( $V_B = 0,0600 \text{ m}^3$ ) pontok között a rendszert a  $P / \text{kPa} = 10 + 10^5 \left( 0,0400 - V / \text{m}^3 \right)^2$  görbén mozgatjuk, a  $B \rightarrow C$  folyamat adiabatikus, a  $C \rightarrow D$  izochor, a  $D \rightarrow A$  pedig izoterm.

a) Rajzolja fel P-V diagramon a ciklust és töltsse ki az állapotokat feltüntető táblázatban a hiányzó cellákat. (3 pont)

Állapot	T / K	P/kPa	V/m <sup>3</sup>	U/kJ	H/kJ
A			0,08		
B			0,06		
C			0,09		
D	545,26				

b) Számolja ki a munkavégzést, a közölt hőt, a belső energia és az entalpia megváltozását a négy részfolyamatban és a teljes ciklusban! Töltsse ki a táblázatot is! (3 pont)

Folyamat		$\Delta U/\text{kJ}$	$W/\text{kJ}$	$Q/\text{kJ}$	$\Delta H/\text{kJ}$
A $\rightarrow$ B	összenyomás parabola mentén				
B $\rightarrow$ C	adiabatikus tágulás				
C $\rightarrow$ D	izochor összenyomás				
D $\rightarrow$ A	izoterm összenyomás				
körfolyamat					

Megjegyzés: Aki csak a szükséges összefüggéseket adja meg, vagy jelöli ki, de numerikus adatot nem számol, az a maximum pont felét kaphatja.

4. Két gázállapotú alrendszert tartalmazó izolált tartály a következő mechanikai és termikus állapotegyenletekkel rendelkezik:

$$\frac{p^{(1)}}{T^{(1)}} = R \frac{n^{(1)}}{V^{(1)}} \quad \text{és} \quad \frac{p^{(2)}}{T^{(2)}} = R \frac{n^{(2)}}{V^{(2)}}, \quad \text{valamint} \quad \frac{1}{T^{(1)}} = \frac{3}{2} R \frac{n^{(1)}}{U^{(1)}} \quad \text{és} \quad \frac{1}{T^{(2)}} = \frac{5}{2} R \frac{n^{(2)}}{U^{(2)}},$$

ahol  $R$  az egyetemes gázállandó. A két rendszert kezdetben egy rögzített, nem mozdítható, adiabatikus fal választja el. A rendszer egyensúlyi. Ekkor az első gáz anyagmennyisége  $n^{(1)} = 5$  mol, térfogata  $V^{(1)} = 0,1 \text{ m}^3$ , hőmérséklete  $T^{(1)} = 300 \text{ K}$ , míg a második gáz anyagmennyisége  $n^{(2)} = 3$  mol, nyomása  $p^{(2)} = 10^5 \text{ Pa}$ , hőmérséklete  $T^{(2)} = 200 \text{ K}$ . A falat ekkor elmozdíthatóvá és diatermálissá tesszük. Mennyi a rendszer össztérfogata? Mi lesz ekkor az egyensúlyi nyomás? Mekkora lesz a térfogata és a belső energiája ekkor a részrendszereknek? Mi lesz az összetett rendszer végző hőmérséklete? (4 pont)

Hasznos összefüggések:

$$0 = SdT - Vdp + \sum_{i=1}^k \mu_i dn_i \quad dn_A = -v_A d\xi \quad \sum_{i=1}^r v_i A_i = 0 \quad \left( \frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_p = -S_m \quad \left( \frac{\partial \mu}{\partial p} \right)_T = V_m$$

$$\Delta U = Q + W \quad \alpha \equiv \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad \kappa_T \equiv -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T \quad c_p \equiv \frac{T}{n} \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_p \quad c_v \equiv \frac{T}{n} \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_v \quad H = U + PV$$

$$G = U - TS + PV \quad dU = TdS - PdV + \sum_{i=1}^k \mu_i dn_i \quad dS = \frac{1}{T} dU + \frac{p}{T} dV - \sum_{i=1}^k \frac{\mu_i}{T} dn_i \quad dQ = TdS \quad dW = -PdV$$

$$\frac{\mu}{T} = - \left( \frac{\partial S}{\partial N} \right)_{V,U} \quad p = - \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_{S,N} \quad F = U - TS$$