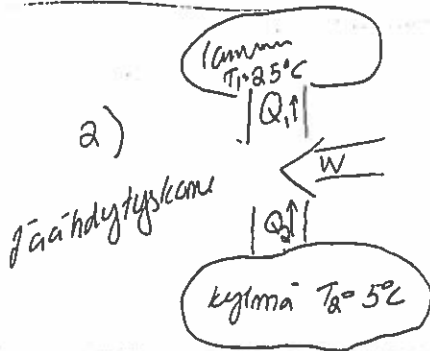


P. Helistö

- × 1. Kaasuastia koostuu kahdesta säiliöstä  $V_a$  ja  $V_b$ , joissa on eri kaasua; ensimmäisessä on  $N_a$  molekyyliä ja toisessa on  $N_b$  molekyyliä samassa lämpötilassa ja paineessa. Laske entropian muutos konsentraatioiden  $c_a = N_a/(N_a + N_b)$  ja  $c_b = N_b/(N_a + N_b)$  funktiona, kun väliseinä poistetaan nopeasti ja kaasut sekoituvat.
- 5-36 × Carnot  
2. Dipolissa on juuri otettu käyttöön käänteiseen Carnot'n kiertoon perustuvat Lapin Kullan jäädytyslaitteet. Piirrä kuva prosessista ja laske tarvittava sähköteho oluen pitämiseksi 5 °C lämpötilassa laitteen ulostulossa, kun kulutus on 400 l/h. Ulkolämpötila ja oluen alkulämpötila ovat 25 °C.
- 3. a) Systeemin partition todennäköisyys on verrannollinen mikrotilojen lukumäärään, jolla ko. partitio saadaan. Määrittele mikrotila. b) Voiko systeemin entropia olla negatiivinen? c) Dulong-Petit-laki. d) Fotonisysteemin kemiallinen potentiaali  $\mu$ .
- × 4. Rubiinilaserin aallonpituus on 694.3 nm. Laske (a) kuinka korkea lämpötilan tulee olla, jotta termisesti stimuloitu emissio laserissa olisi yhtä todennäköistä kuin spontaani emissio ja (b) kuinka suuri osa  $\text{Cr}^+$ -ioneista on tällöin ylätilassa (unohdetaan korkeammalla olevat energiatilat).
- × 5.  $^3\text{He}$  nesteytyy ilmanpaineessa lämpötilassa 3.2 K. Laske, riittääkö klassinen approksimaatio kuvaamaan ideaalista  $^3\text{He}$ -kaasua ko. lämpötilassa.

Vakioita: 1 amu =  $1.6604 \cdot 10^{-27}$  kg,  $h = 6.6256 \cdot 10^{-34}$  Js,  $k_B = 1.3805 \cdot 10^{-23}$  J/K,  $N_A = 6.0225 \cdot 10^{23}$  1/mol,  $C_V(\text{CotaCola}) \simeq 4.2$  kJ/kg/°C.

1)  $S = \frac{5}{2} kN + kN \ln \left[ \frac{V (\pi m k_B T)^{3/2}}{N h^3} \right]$       $\begin{cases} S = \frac{U}{T} + k \ln \frac{Z^N}{N!} = k \ln P \\ Z = \frac{V (\pi m k_B T)^{3/2}}{h^3} \\ U = \frac{3}{2} kNT \end{cases}$



$\eta = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{Q_{\text{poistu}}}{W_{\text{työ}}}$   
 $\Rightarrow W_{\text{työ}} = \frac{1}{\eta} Q_{\text{poistu}}$

Formulaarit

5)  $P = \frac{k_B N T}{V} \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{N}{V} \frac{h^3}{(2\pi m k_B T)^{3/2}} \right)$   
 Bosekaasun  
 $P = \frac{k_B N T}{V} \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{N}{V} \frac{h^3}{(2\pi m k_B T)^{3/2}} \right)$   
 $\frac{N}{V} = \frac{N h^3}{V (\pi m k_B T)^{3/2}}$   
 Maxwell Boltzmann  
 $P = \frac{k_B N T}{V}$

3) Yhmeen  $c_V = 3R$ , kun  $T \gg \Theta_D$ ,  $\Theta_D = \frac{h \nu_D}{k_B}$ ,  $R = \frac{k_B N_A}{A}$   
 B)  $S = k \ln P$

D)  $S = k \ln X = 0 \Rightarrow X = 1$   
 $X > 1 \Rightarrow S > 0$   
 $X < 1 \Rightarrow S < 0$

4)  $\begin{cases} \frac{A_{21}}{B_{21}} = e^{hf/kT} \\ \frac{N_1}{N_2} = e^{hf/kT} \end{cases}$

$B_{12} \frac{hf}{kT} N_1 = (A_{21} + B_{21} \frac{hf}{kT}) N_2$ ,  $\frac{N_1}{N_2} = C$   
 $B_{21} \frac{hf}{kT} = (A_{21} + B_{21} \frac{hf}{kT})$   
 $A_{21} = B_{21} \frac{hf}{kT}$   
 Maxwell-Boltzmann