

EKSAMEN I FY1005 og TFY4165 TERMISK FYSIKK:  
LØSNINGSFORSLAG

Mandag 12. august 2013 kl. 0900 - 1300

Oppgave 1. Ti flervalgsoppgaver. (Poeng: 2 pr oppgave)

- a. C.
- b. C.
- c. C.
- d. C.
- e. C.
- f. A.  $W = p_0 V_0 = 8 \cdot 1.013 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{ J} = 5.7 \text{ kJ}$
- g. B.
- h. B.
- i. B.  $pV \rightarrow 2pV$ , dvs  $T \rightarrow 2T$ , dvs  $v \rightarrow \sqrt{2}v$  ettersom  $v \sim \sqrt{T}$
- j. B.  $C_V$  pr partikkel er av størrelsesorden  $k_B$

Oppgave 2. Kretsprosess. (Poeng: 5+5+5+5)

- a.  $C_V = (3 + 3) \cdot nR/2 = 3nR$  pga 3 kvadratiske translasjons- og 3 kvadratiske rotasjonsfrihetsgrader.  $C_p = C_V + nR = 4nR$ , og dermed  $\gamma = 4/3$ .
- b.  $Q = 0 = dU + pdV = C_V dT + (nRT/V)dV = C_V dT + (C_p - C_V)TdV/V$  som gir  $dT/T + (\gamma - 1)dV/V = 0$ , hvoretter integrasjon gir  $\ln(TV^{\gamma-1}) = \text{konstant}$ , dvs  $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$ .
- c. Her er det diverse sammenhenger som leder fram til svaret:

$$T_1(\alpha V_0)^{\gamma-1} = T_2 V_0^{\gamma-1}$$

$$T_4(\alpha V_0)^{\gamma-1} = T_3 V_0^{\gamma-1}$$

$$Q_{23} = C_V(T_3 - T_2) ; Q_{41} = C_V(T_1 - T_4) = -C_V(T_4 - T_1)$$

$$W = Q_{23} + Q_{41} ; \eta = W/Q_{23} = 1 + Q_{41}/Q_{23}$$

$$Q_{41}/Q_{23} = (T_1 - T_4)/(T_3 - T_2) = -(T_4 - T_1)/(T_3 - T_2) = -T_4/T_3$$

siden  $T_1/T_4 = T_2/T_3$ . Dermed er  $\eta = 1 - T_4/T_3 = 1 - \alpha^{1-\gamma}$ .

**d.**  $T_1 = 293$  K og vi kan tillate inntil  $T_2 = 673$  K. Dermed:  $\alpha = (T_2/T_1)^3 = 12.1$ .

### **Oppgave 3. Varmetransport. (Poeng: 5+5+5)**

**a.**  $j_\kappa dx = \beta\sqrt{T}dT$  som integreres til

$$j_\kappa = (2\beta/3L)(T_1^{3/2} - T_2^{3/2})$$

**b.**  $j_{\text{rad}} = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$

**c.** Innsetting av tallverdier gir  $78 \text{ W/m}^2$  pga varmeledning og  $186 \text{ W/m}^2$  pga stråling.

### **Oppgave 4. Ideell paramagnet. (Poeng: 5+5+5)**

**a.**  $C = 1/Z = (e^x + e^{-x})^{-1}$  gir  $p(1) + p(-1) = 1$ .  $Z = 1/C = 2 \cosh x$ .

**b.**  $\langle \mu \rangle = \mu_B p(1) - \mu_B p(-1) = \mu_B \tanh x$ . Når  $x \ll 1$  er  $\tanh x \simeq x$  og  $m \simeq \mu_B B/k_B T$ , dvs proporsjonal med  $1/T$ , Curies lov.

**c.**  $x \gg 1$  gir  $\tanh x \simeq 1$  og dermed  $m \simeq 1$ . Da er  $\sigma \simeq 0$ . Som ventet:  $\Omega = 1$  mikrokonfigurasjon, med alle spinn i samme retning som det ytre magnetfeltet.

$x = 0$ : Da er  $m = 0$  og  $\sigma = k_B \ln 2$ . Som ventet: To like sannsynlige mikrokonfigurasjoner pr spinn (opp eller ned) uten et ytre magnetfelt.

### **Oppgave 5. Maxwells hastighetsfordeling. (Poeng: 5+5+10)**

Se numerikkøving.