

Tentamen i FYSIK FÖR INGENJÖRER för I2 (ffy 610 & ffy 611)

Lärare: Åke Fäldt, tel 772 3349 eller 070 567 9080

Hjälpmedel: Physics Handbook, Beta, SMT, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator (tömd på för kursen relevant information) samt ett egenhändigt framställt A4-blad med anteckningar.

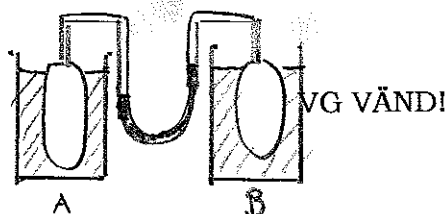
Rättningen: klar senast onsdagen den 31 januari 2007.

Granskning: onsdagen den 31 januari 2007 12.00-12.45 i Vasa A

Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –

FÖRKLARA ALLTID INFÖRDA STORHETER OCH MOTIVERA EKVATIONER OCH SLUTSATSER. RITA TYDLIGA FIGURER.
KONTROLLERA SVARENS RIMLIGHET OCH DIMENSION.

1. En grund damm har blivit belagd med is och temperaturförhållandena har varit stabila under en längre tid så att ett stationärt tillstånd har uppnåtts. Luften omedelbart ovanför isen har temperaturen $-5,0$ grader Celsius och marken omedelbart under dammen har temperaturen $+4,0$ grader Celsius. Dammens totala djup (summan av is- och vattenlagrets tjocklek) är $1,40$ m. Bestäm islagrets tjocklek. (4 p)
2. $1,0$ mol av en enatomig gas genomgår en kretsprocess som består av följande steg;
a-b: adiabatisk expansion från trycket $10,0$ atm och volymen $1,0$ liter till volymen $8,0$ liter.
b-c: isobar kompression.
c-a: isokor expansion.
Beräkna värmeförseln till gasen under processen samt dess termiska verkningsgrad. (4 p)
3. En speciell gastermometer består av två gasbehållare (A och B), var och en nedsänkt i ett vattenbad, såsom visas i figuren. Vattenbadets temperatur kan varieras. Tryckskillnaden mellan de två behållarna mäts med hjälp av en kvicksilvermanometer. Två andra behållare (som inte syns i figuren) ser till att volymen i var och en av de två gasbehållarna hålls konstant. När båda gasbehållarna befinner sig vid vattens trippelpunkt (0 grader Celsius) är tryckskillnaden noll. Tryckskillnaden är 120 torr när B är vid vattens trippelpunkt och A vid vattens kokpunkt (100 grader Celsius). Trycket är 90 torr högre behållare A än i B när B befinner sig vid vattens trippelpunkt och A vid en okänd temperatur. Bestäm den okända temperaturen. (4 p)



4. En kastrull med 12 mm tjock kopparbotten står på en värmeplatta. Bottenarean är 1000 cm^2 . I kastrullen kokar vatten vid 100 grader Celsius och 500 g kokar bort på 4 minuter. Beräkna temperaturen på den sidan av kopparbotten som är i kontakt med värmeplattan. Bortse från randeffekter och anta att stationärt tillstånd har uppnåtts. (4 p)

5. Antag att man seriekopplar två värmemaskiner där spillvärmets från den första används för att driva den andra. Visa att verkningsgraden e för den sammansatta maskinen ges av sambandet

$$e = e_1 + e_2 - e_1 e_2$$

där e_1 och e_2 är verkningsgraderna för de två enskilda maskinerna. (4 p)

6. En vakuumpump som håller det konstanta trycket $1 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}$ kopplas till en gasbehållare vars volym är 1 kubikmeter. Förbindelsen mellan pump och behållare utgörs av en kort cirkulär ventil vars radie är 1,0 cm. Ursprungstrycket i gasbehållaren är $1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. Hur lång tid tar det innan trycket i den är $2 \cdot 10^{-7} \text{ Pa}$? (4 p)

Skriv din namnteckning på rad nr 7 på tentaomslaget om du godkänner att du får ditt resultat per e-mail.

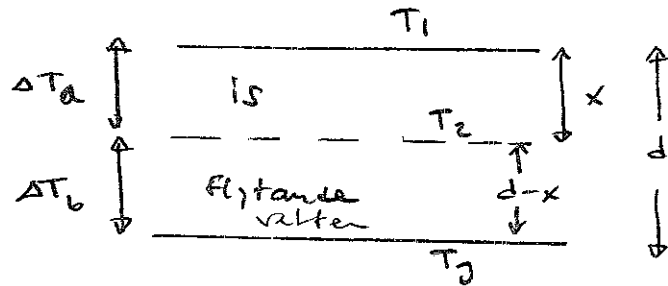
①

Givet:

$$T_1 = -5^\circ\text{C}$$

$$T_3 = +4^\circ\text{C}$$

$$d = 1,4 \text{ m}$$



or bessel: $\lambda_{is} = 2 \text{ W/mK}$ $\lambda_{H_2O} = 0,6 \text{ W/mK}$

Lösning: $T_2 = 0^\circ\text{C}$

$$\Delta T_a = T_2 - T_1 = +5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_b = T_3 - T_2 = +4^\circ\text{C}$$

Samma värmeflöde genom is- och vattenlager:

$$\Rightarrow \lambda_{is} \frac{\Delta T_a}{x} = \lambda_{H_2O} \frac{\Delta T_b}{d-x}$$

$$\Rightarrow (d-x) \lambda_{is} \Delta T_a = x \cdot \lambda_{H_2O} \cdot \Delta T_b$$

$$\Rightarrow d \lambda_{is} \Delta T_a = x (\lambda_{H_2O} \cdot \Delta T_b + \lambda_{is} \Delta T_b)$$

$$\Rightarrow x = \frac{\lambda_{is} \Delta T_a}{\lambda_{H_2O} \cdot \Delta T_b + \lambda_{is} \Delta T_b} d =$$

$$= \frac{2 \cdot 5}{0,6 \cdot 4 + 2 \cdot 5} \cdot 1,4 = 1,129 \text{ m} =$$

$$= \underline{\underline{1,1 \text{ m}}}$$

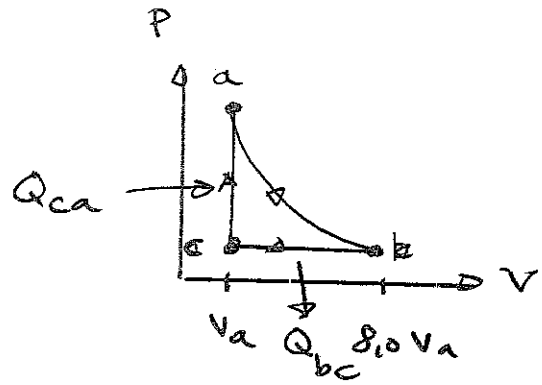
2

Given : $V_a = 1,0 \text{ l}$

$P_a = 10,0 \text{ atm}$

$V_b = 8,00 V_a$

$n' = 1,0 \text{ mol}$



Learning : enantiom's gas

$C_p = \frac{5}{2} R$

$C_v = \frac{3}{2} R$

$\gamma = \frac{5}{3}$

$\eta = \frac{Q_{ca} - Q_{bc}}{Q_{ca}}$

$Q_{bc} = n' C_p (T_c - T_b)$

$Q_{ca} = n' C_v (T_a - T_c)$

$P_a V_a = n' R T_a \Rightarrow T_a = \frac{P_a V_a}{n' R} = \frac{10,0 \cdot 1,0 \cdot 10^5 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 8,31} = 121,9 \text{ K}$

$P_a V_a^\gamma = P_b V_b^\gamma \Rightarrow P_b = P_a \left(\frac{V_a}{V_b} \right)^{\gamma} = P_a \left(\frac{1}{8} \right)^{5/3} = 0,031 P_a$

$\Rightarrow T_c = 0,031 \cdot T_a$

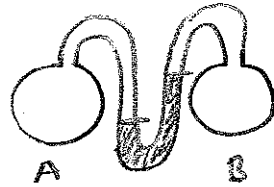
$T_a V_a^{\gamma-1} = T_b V_b^{\gamma-1} \Rightarrow T_b = T_a \left(\frac{V_a}{V_b} \right)^{\gamma-1} = T_a \left(\frac{1}{8} \right)^{2/3} = 0,25 T_a$

$Q_{bc} = 1,0 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot 121,9 (0,25 - 0,031) = -559 \text{ J}$

$Q_{ca} = 1,0 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 121,9 (1 - 0,031) = 1472 \text{ J}$

$\eta = \frac{1472 - 559}{1472} = 62\%$

3



$$V_A = \text{konstant} \quad V_B = \text{konstant}.$$

1) samma T i båda behållarna $\Rightarrow P_{A1} = P_{B1}$
 $T = T_0$

$$P_{A1} V_A = n_A R T_0 \quad P_{B1} V_B = n_B R T$$

$$P_{A1} = P_{B1} \Rightarrow \frac{n_A R}{V_A} = \frac{n_B R}{V_B} \equiv a$$

2) $P_{A2} = a T_{100} \quad P_{B2} = a \cdot T_0$

$$\Delta P_2 = P_{A2} - P_{B2} = a(T_{100} - T_0) =$$

$$= a \Delta T_2 \quad (1)$$

3) $P_{A3} = a T_x \quad P_{B2} = a T_0$

$$\Rightarrow \Delta P_3 = P_{A3} - P_{B2} = a(T_x - T_0) = a \Delta T_3$$

$$\therefore \Delta T_3 = \frac{1}{a} \Delta P_3 \quad (2)$$

(1) ger $\frac{1}{a} = \frac{\Delta T_2}{\Delta P_2}$

Insättu. i (2) $\Rightarrow \Delta T_3 = \Delta T_2 \frac{\Delta P_3}{\Delta P_2}$

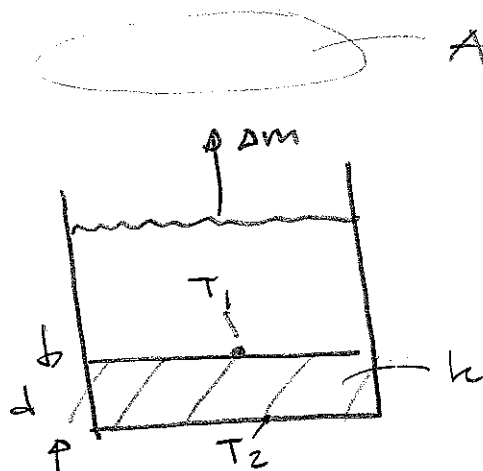
$$\Rightarrow \Delta T_3 = 100 \cdot \frac{90}{120} = 75$$

$$\Rightarrow T_x = \Delta T_3 + T_0 = 75 + 273 = \underline{\underline{348 \text{ K}}}$$

4

Ångbildningsvärmekoefficient för vatten

$$L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$



Koppar: värmeledningsförmågan $k = 397 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Δm kokar bort på tiden Δt .

För detta krävs en tillförd effekt P där

$$P = L \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Denna effekt åstadkommer genom termisk ledning genom kopparskivan

$$P = k \cdot A \frac{T_2 - T_1}{d}$$

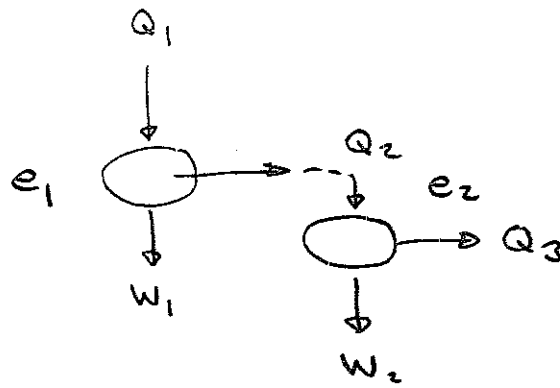
$$\therefore L \frac{\Delta m}{\Delta t} = k \cdot A \frac{T_2 - T_1}{d}$$

$$\Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{L \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot d}{k \cdot A}$$

$$= \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,500}{4 \cdot 60} \cdot 0,012}{400 \cdot 1000 \cdot 10^{-4}} = 114 \text{ K}$$

$$\Rightarrow T_2 = \underline{\underline{101,4 \text{ K}}}$$

(5)



Verkningsgrad för maskin

$$1) \quad e_1 = \frac{w_1}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (1)$$

$$2) \quad e_2 = \frac{w_2}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_2} \quad (2)$$

$$1+2) \quad e = \frac{w_1 + w_2}{Q_1} = \frac{(Q_1 - Q_2) + (Q_2 - Q_3)}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_1}$$

$\therefore$ Beräkna $\frac{Q_1 - Q_3}{Q_1}$! (3)

Uttryck Q_1 och Q_3 i Q_2 , e_1 och e_2 !

$$(1) \text{ ger } e_1 Q_1 = Q_1 - Q_2 \Rightarrow \boxed{Q_1 = \frac{Q_2}{e_1 - 1}}$$

$$(2) \text{ ger } e_2 Q_2 = Q_2 - Q_3 \Rightarrow \boxed{Q_3 = Q_2 (e_2 - 1)}$$

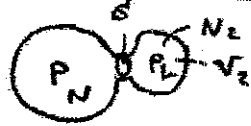
$$\therefore e = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_1} = 1 - \frac{Q_3}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2 (e_2 - 1)}{\frac{Q_2}{e_1 - 1}} =$$

$$= 1 - (e_2 - 1)(e_1 - 1) = 1 - e_1 e_2 + e_1 + e_2 - 1$$

$$= \underline{\underline{e_1 + e_2 - e_1 e_2}} \quad \text{VS}$$

⑥

$$dN = -\frac{1}{4} \frac{N}{V} \langle v \rangle \cdot S \cdot dt + \underbrace{\frac{1}{4} \left(\frac{N_2}{V_2} \right) \langle v \rangle \cdot S \cdot dt}_{\text{konstant}}$$



$$p = nkT \quad \text{or} \quad p = n$$

Svar: 130s

$$\rightarrow \frac{dN}{\frac{1}{4} \left(\frac{N_2}{V_2} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \left(\frac{N}{V} \right) \langle v \rangle \cdot S} = dt$$

$$\rightarrow \int_{N_0}^{N_1} \frac{dN}{\frac{1}{4} \left(\frac{N_2}{V_2} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \left(\frac{N}{V} \right) \langle v \rangle \cdot S} = \int_0^t dt = t$$

$$\Rightarrow \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \left[\frac{\frac{1}{4} \left(\frac{N_2}{V_2} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \frac{N_1}{V} \langle v \rangle \cdot S}{\frac{1}{4} \left(\frac{N_2}{V_2} \right) \langle v \rangle \cdot S - \frac{1}{4} \frac{N_0}{V} \langle v \rangle \cdot S} \right] = t$$

$$\Rightarrow t = \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \left(\frac{n_k - n_1}{n_k - n_0} \right) = \frac{4V}{\langle v \rangle \cdot S} \cdot \ln \frac{p_k - p_1}{p_k - p_0} = 130s$$