

TFY4115 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2013.
Løsningsforslag til øving 13.

Oppgave 1.

Med de gitte antagelsene blir Clapeyrons ligning (med $pV_g = RT$)

$$\frac{dp}{dT} = \frac{l}{T(V_g - V_v)} \simeq \frac{l}{TV_g} = \frac{lp}{RT^2},$$

som integrert gir (med $l \simeq$ konstant)

$$p = \text{konst} \cdot e^{-l/RT}.$$

Integrasjonskonstanten bestemmes ved at $p = p_0 = 4.58$ mm Hg ved $T = T_0 = 273$ K. Dette gir

$$p = p_0 \exp \left[\frac{l}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right].$$

Løsning mhp T gir, for $p = 760$ mm Hg:

$$T = T_0 \left[1 - \frac{RT_0}{l} \ln(p/p_0) \right]^{-1} = 273 \left[1 - \frac{8.314 \cdot 273}{40.7 \cdot 10^3} \ln(760/4.58) \right]^{-1} \simeq 382,$$

dvs 382 K, eller 109°C. Grunnen til at beregnet kokepunkt blir for høyt er at molar fordampningsvarme l ikke er konstant, men øker med avtagende temperatur.

Oppgave 2

Med antagelsene om konstant fordampningsvarme l , neglisjerbart væskevolum, og at dampen er ideell gass, følger det av Clapeyrons ligning at damptrykket blir

$$p = C \exp(-l/RT),$$

der C er en konstant. Med oppgitte data får en ligningene

$$\begin{aligned} p_1 &= C \exp(-l/RT_1) \\ p_2 &= C \exp(-l/RT_2). \end{aligned}$$

Divisjon gir

$$\frac{p_2}{p_1} = \exp \left[\frac{l}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right],$$

som løst mhp l gir

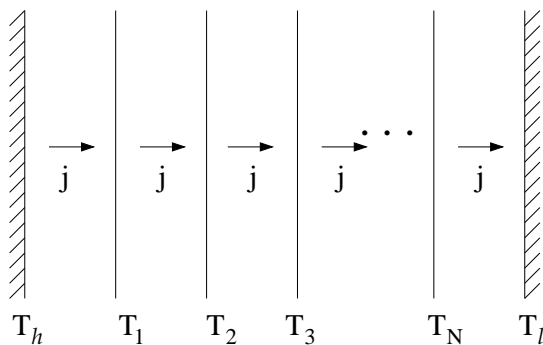
$$l = R \frac{\ln(p_2/p_1)}{1/T_1 - 1/T_2} = 8.314 \frac{\ln(12139/4402)}{1/273 - 1/293} \text{ J/mol} = 33.7 \text{ kJ/mol}.$$

Med $C = p_2 \exp(l/RT_2)$ blir damptrykket ved $T = 30^\circ\text{C} = 303$ K:

$$p = p_2 \exp \left[\frac{l}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T} \right) \right] = 12139 \text{ Pa} \exp \left[\frac{33.7 \cdot 10^3}{8.314} \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{303} \right) \right] = 19.2 \text{ kPa}.$$

Den eksperimentelle verdien ved denne temperaturen er litt mindre, 18676 Pa. Dette henger sammen med at l avtar med økende T , som også påpekt i oppgave 1.

Oppgave 3



Ved stasjonære forhold er varmestrømmen j mellom skjoldene den samme overalt. Med Stefan-Boltzmanns lov er netto varmestrøm pr flateenhet i

$$\begin{aligned}
 \text{1. intervall : } & j = \sigma(T_h^4 - T_1^4) \\
 \text{2. intervall : } & j = \sigma(T_1^4 - T_2^4) \\
 & \dots \\
 \text{N. intervall : } & j = \sigma(T_{N-1}^4 - T_N^4) \\
 \text{siste intervall : } & j = \sigma(T_N^4 - T_l^4)
 \end{aligned}$$

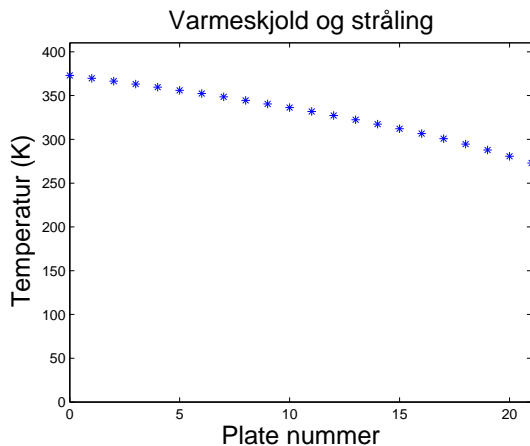
De mellomliggende ukjente temperaturer kan nå elimineres ved å legge sammen disse $N + 1$ ligningene:

$$(N + 1)j = \sigma(T_h^4 - T_l^4) = j_0 \Rightarrow \frac{j}{j_0} = \frac{1}{N + 1},$$

der j_0 er varmestrømmen uten skjold. Kommentar: Temperaturen på skjoldene kan nå bestemmes ved å addere de k første intervallene. Dette gir $kj = \sigma(T_h^4 - T_k^4)$, eller $T_k^4 = T_h^4 - kj/\sigma$, som innsatt for j gir

$$T_k = \left[\frac{(N + 1 - k)T_h^4 + kT_l^4}{N + 1} \right]^{1/4}.$$

Med $N = 20$ skjold og $T_h = 373$ K og $T_l = 273$ K:



Oppgave 4.

a. A. I en isentropisk prosess er systemets entropi konstant, ikke systemets indre energi.

b. D. Koeksistens mellom fast stoff og væske ved 1, dvs smelting. Koeksistens mellom gass og væske ved 2, dvs fordampning. Koeksistens mellom fast stoff og gass ved 3, dvs sublimasjon.

c. C. Se forelesningene.

d. C. Se forelesningene.

e. C. Se forelesningene.

f. C. 2. hovedsetning.

g. C. $\Delta S \geq 0$.

h. A. $W = p_0 V_0 = 8 \cdot 1.01 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 5.7 \text{ kJ}$.

i. B. For kretsprosess "mot klokka" er $\Delta Q < 0$.

j. B. For ideell gass er T proporsjonal med $\langle K \rangle$.