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

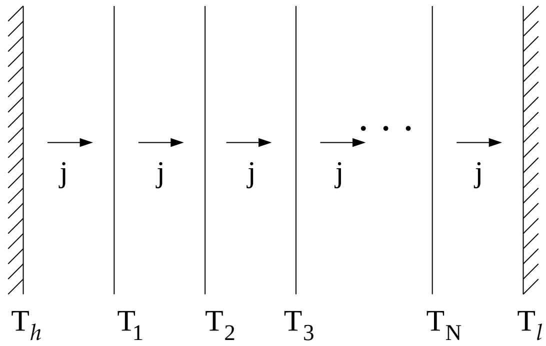
$$l = R\frac{\ln(p_2/p_1)}{1/T_1 - 1/T_2} = 8.314\frac{\ln(12139/4402)}{1/273 - 1/293}\ \text{J/mol} = 33.7\,\text{kJ/mol}.$$

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

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

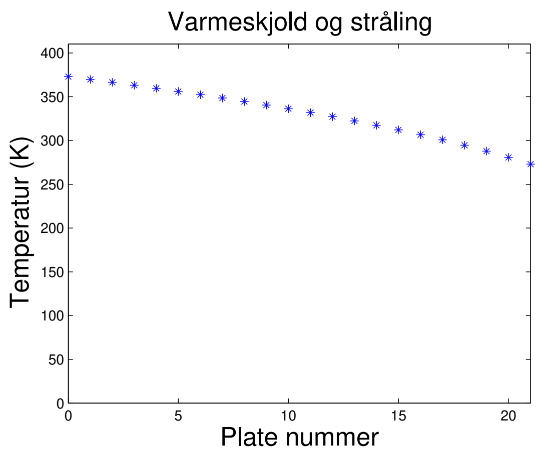
De mellomliggende ukjente temperaturer kan nå elimineres ved å legge sammen disse $N+1$ ligningene:

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

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.

<u>**a**</u>. **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**. $W = p_0 V_0 = 8 \cdot 1.01 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 5.7$ kJ.

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

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