

Termopring 2

Oppgave 1

- 1) (a) Tilstandsligning: Beskriver forholdet mellom termodynamiske variabler matematisk
- (b) Krittisk punkt: Dersom gassen har $P > P_c$ og $T > T_c$ vil det ikke skje noen faseovergang
- (c) Reell gass: Gass som ikke følger ideell gasslov. Det eksisterer intermolekylære krefter. Molekylene opptar volum i beholderen

2) Ideell gasslov er eksakt når

- Gassmolekylene ikke opptar noe volum
- Gassmolekylene kun har kinetisk energi
- Det ikke virker noen krefter mellom gassmolekylene

I den reelle verden er ideell gasslov $\approx$ riktig ved lavt trykk når:

- Gassen er monoatomar
- Temperaturen er lav

3) Joule-Thompson effekten er et bevis på intermolekylære krefter. Den går ut på at en gass som langsomt passerer gjennom en åpning til et sted med lavere trykk også vil nedkjøles.

Oppgave 2

1) $(P + \frac{a}{V_m^2})(V_m - b) = RT$

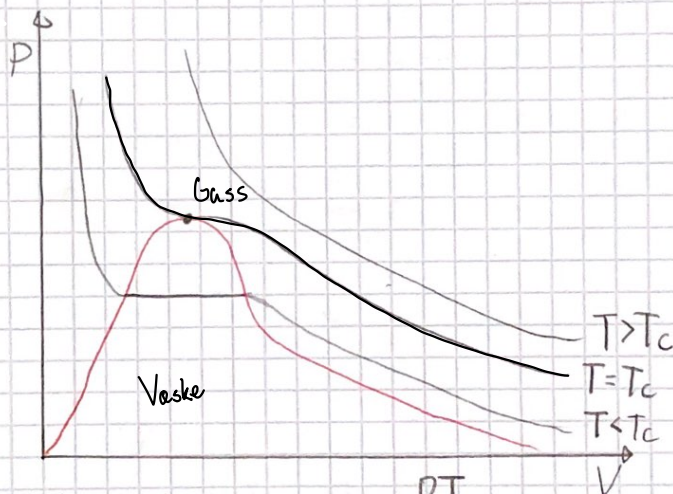
a: Er ett mål på tiltrekning mellom gassmolekylene

$$[a] = \frac{Nm^4}{mol^2}$$

b: Er ett mål på volumet gassmolekylene okkuperer

$$[b] = \frac{m^3}{mol}$$

2) Når en gass har kritisk temperatur vil det ikke være mulig å få gassen over i væskefase. Det samme gjelder kritisk trykk



3) $(P + \frac{a}{V_m^2})(V_m - b) = RT \Rightarrow P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$

I: $(\frac{\partial P}{\partial V})_T = 0 \Rightarrow -\frac{RT}{(V_m - b)^2} + \frac{2a}{V_m^3} = 0$

II: $(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_T = 0 \Rightarrow \frac{2RT}{(V_m - b)^3} - \frac{6a}{V_m^4} = 0$

Løser, får: $T_c = \frac{8a}{27Rb}$, $V_c = 3b \Rightarrow P_c = \frac{a}{27b^2}$

Oppgave 3

$$1) \quad \frac{pV_m}{RT} = Z = 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \dots$$

$$\Rightarrow p = Z \left(\frac{RT}{V_m} \right) = \frac{RT}{V_m} + B \frac{RT}{V_m^2} + C \frac{RT}{V_m^3} + \dots$$

$$Z = 1 + B'p + C'p^2 + \dots$$

$$Z = 1 + B' \left(\frac{RT}{V_m} + B \frac{RT}{V_m^2} + C \frac{RT}{V_m^3} + \dots \right) + C'p^2 + \dots$$

Har høyere orden
enn $\frac{B}{V_m}$

$$\Rightarrow Z = Z \text{ gir (H.O.T. = Higher order terms)}$$

$$1 + \frac{B}{V_m} + \text{H.O.T.} = 1 + B' \frac{RT}{V_m} + \text{H.O.T.}$$

$$\frac{B}{V_m} = \frac{B'RT}{V_m}$$

$$\underline{\underline{B' = \frac{B}{RT}}}$$

Ettersom polynomet må være likt
for enhver grad.

$$2) \text{ (a) Ideell gasslov: } pV = nRT$$

$$pV_m = RT$$

$$V_m = \frac{RT}{p} = \frac{8,314 \cdot 500}{600 \cdot 10^5} = 6,93 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$$

$$\underline{\underline{V_m = 6,93 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}}}$$

$$(b) \text{ Virialutvikling: } \frac{pV_m}{RT} = 1 + \frac{B}{V_m}$$

$$\frac{pV_m^2}{RT} = V_m + B$$

$$\frac{pV_m^2 - RTV_m}{RT} = B$$

$$pV_m^2 - RTV_m - BRT = 0$$

$$\Rightarrow V_m = \frac{RT \pm \sqrt{(RT)^2 + 4pRT}}{2p}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{V_m = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}}}$$

Oppgave 4

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ(1000\text{K}) &= \Delta H^\circ(298\text{K}) + \int_{298\text{K}}^{1000\text{K}} -6,632 - 15,98 \cdot 10^{-3}T - 1,42 \cdot 10^5 T^{-2} dT \\ &= 519,2 \text{ kJ} + \left[-6,632T - \frac{1}{2} 15,98 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,42 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} \right]_{298\text{K}}^{1000\text{K}} \\ &= 519,2 \text{ kJ} - 4655,7 \text{ J} - 7280,5 \text{ J} - 334,5 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\underline{\Delta H^\circ(1000\text{K}) = 506,9 \text{ kJ}}$$

Oppgave 5

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= A \cdot v = (0,5 \text{ m})^2 \pi \cdot 40 \text{ m/s} = 10\pi \text{ m}^3/\text{s} \\ \Rightarrow V(t) &= \int_0^t 10\pi \text{ m}^3/\text{s} dt' = 10\pi t \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$V(24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}) = 10\pi \cdot 86400 \text{ m}^3 = \underline{864000\pi \text{ m}^3}$$

$$1) pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{100 \cdot 10^5 \cdot 864000\pi}{8,314 \cdot 303}$$

$$\underline{n = 1,077 \cdot 10^{10} \text{ mol}}$$

$$\text{Brennverdi} = n \cdot 802 \text{ kJ/mol} = 8,64 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

$$\underline{\text{Brennverdi} = 8,64 \text{ PJ}}$$

$$2) \left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

$$pV + a \frac{n^2}{V} - pnb - ab \frac{n^3}{V^2} = nRT$$

$$abn^3 - aVn^2 + V^2(bp + RT)n - pV^3 = 0$$

$$\text{Løst i python} \Rightarrow \underline{n = 1,31 \cdot 10^{10} \text{ mol}}$$

$$\text{Brennverdi} = n \cdot 802 \text{ kJ/mol} = 1,05 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

$$\underline{\text{Brennverdi} = 10,5 \text{ PJ}}$$