Øving 21.1.99

Løsninger

Oppgave 1

a) Vi kaller etanol-skalaen °E og ser at -116 °C tilsvarer 0 °E mens +78.5 °C tilsvarer 1000 °E. Dette gir et forhold mellom enhetene:

$$T_2 - T_1 = (1000 - 0)\ °\mathrm{E} = \left[78.5 - (-116.0)\right]°\mathrm{C} = 194.5\ °\mathrm{C}$$

$$\therefore \underline{\underline{1\ °\mathrm{C}}} = \frac{1000}{194.5}\ °\mathrm{E} = \underline{\underline{5.14\ °\mathrm{E}}}$$

b) Avstanden fra frysepunktet for etanol til det absolutte nullpunkt er

$$-273.2\ °\mathrm{C} - (-116\ °\mathrm{C}) = -157.2\ °\mathrm{C} = -157.2 \times 5.14\ °\mathrm{E} = -808\ °\mathrm{E}$$

$$\therefore \underline{\underline{\text{Det absolutte nullpunkt er } -808\ °\mathrm{E}}}$$

c) Tilstandsligningen for ideell gass er

$$pV = nRT$$

Med den nye temperaturskalaen som referanse er

$$pV = nR_E T_E$$

Da er

$$R_E T_E = RT$$

$$\underline{\underline{R_E}} = R\frac{T}{T_E} = 8.314\ \mathrm{J\ mol^{-1}\ K^{-1}}\ \frac{1\ \mathrm{K}}{5.14\ °\mathrm{E}} = \underline{\underline{1.617\ \mathrm{J\ mol^{-1}\ °E^{-1}}}}$$

Oppgave 2

Reaksjonsligningen er $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$. Siden all H_2 vil bli brukt opp i reaksjonen, kan det være lurt å velge 2 mol H_2 som basis for reaksjonen. Vi kan alternativt skrive reaksjonsligningen som $\frac{2}{3}N_2 + 2H_2 \rightarrow \frac{4}{3}NH_3$.

Før reaksjonen har vi følgende mengder gass: 2 mol H_2

1 mol N_2

Tilsammen 3 mol gass

Etter reaksjonen har vi: 0 mol H_2

$\frac{1}{3}$ mol N_2 (overskudd av N_2)

$\frac{4}{3}$ mol NH_3

Tilsammen $\frac{5}{3}$ mol gass

Dette gir følgende molbrøker:

$$x_{\mathrm{H_2}} = 0$$

$$x_{\mathrm{N_2}} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{3}+\frac{4}{3}} = 0.2$$

$$x_{\mathrm{NH_3}} = 1 - 0.2 = 0.8$$

Totaltrykket finnes av ideell gasslov:

$$\underline{\underline{p}} = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{5}{3}\,\mathrm{mol}\,8.314\,\mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}\,273.15\,\mathrm{K}}{22.4\times10^{-3}\,\mathrm{m^3}} = 169000\,\mathrm{Pa} = \underline{\underline{1.69\,\mathrm{bar}}}$$

Etter Daltons lov er

$$p_{\mathrm{H_2}} + p_{\mathrm{N_2}} + p_{\mathrm{NH_3}} = p = 1.69\,\mathrm{bar}$$

Videre er $p_i = x_i n$, og vi finner:

$$\underline{\underline{p_{\mathrm{H_2}} = 0\,\mathrm{bar}}}$$

$$\underline{\underline{p_{\mathrm{N_2}}}} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{5}{3}}1.69\,\mathrm{bar} = \underline{\underline{0.338\,\mathrm{bar}}}$$

$$\underline{\underline{p_{\mathrm{NH_3}}}} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{5}{3}}1.69\,\mathrm{bar} = \underline{\underline{1.532\,\mathrm{bar}}}$$

<u>Oppgave 3</u>

Vi definerer følgende størrelser:

m: ballongens løfteevne
m_b: ballongens masse
m_g: massen av gassen i ballongen
m_l: massen av fortrengt luftmengde
M_l: molvekt av luft
M_g: molvekt av gassen i ballongen
p_l: trykk utenfor ballongen
p_g: trykk i gassen inni ballongen
T_l: temperatur utenfor ballongen
T_g: temperatur i gassen inni ballongen
V: ballongens volum

a) Ved å bruke ideell gasslov,

$$pV = nRT$$

der $n = \frac{m}{M}$ er antall mol gass og R er gasskoonstanten,

finner vi sammenhengen mellom massen m, trykket p, og volumet V:

$$m_l = \frac{p_l M_l}{T_l} \frac{V}{R}$$

$$m_g = \frac{p_g M_g}{T_g} \frac{V}{R}$$

Archimedes' lov sier at

$$m + m_b + m_g = m_l$$

Innsetting av ideell gasslov gir

$$\underline{m} = m_l - m_g - m_b = \frac{p_l M_l}{T_l} \frac{V}{R} - \frac{p_g M_g}{T_g} \frac{V}{R} - m_b = \frac{pV}{R}\left(\frac{M_l}{T_l} - \frac{M_g}{T_g}\right) - m_b$$

$$= \frac{10^5 \text{ Pa } \times 500 \text{ m}^3}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}\left(\frac{29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{298 \text{ K}} - \frac{29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{573 \text{ K}}\right) - 50 \text{ kg}$$

$$= 281 \text{ kg} - 50 \text{ kg} = \underline{231 \text{ kg}}$$

b) Den eneste forskjellen fra oppg. a) er tallverdien på M_g. Dette gir:

$$\underline{m} = \frac{10^5 \text{ Pa } \times 500 \text{ m}^3}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \left(\frac{29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{298 \text{ K}} - \frac{32 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{573 \text{ K}} \right) - 50 \text{ kg}$$

$$= 250 \text{ kg} - 50 \text{ kg} = \underline{200 \text{ kg}}$$

c) Denne tilstanden gir følgende tallverdier innsatt:

$$\underline{m} = \frac{0.5 \times 10^5 \text{ Pa } \times 500 \text{ m}^3}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \left(\frac{29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{223 \text{ K}} - \frac{32 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{523 \text{ K}} \right) - 50 \text{ kg}$$

$$= 207 \text{ kg} - 50 \text{ kg} = \underline{157 \text{ kg}}$$

d) Her er det volumet av ballongen som er den ukjente, men balanseligningen er den samme som før:

$$m + m_b + m_g = m_l$$

$$231 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + \frac{p_g M_g}{T_g} \frac{V}{R} = \frac{p_l M_l}{T_l} \frac{V}{R}$$

$$231 \text{ kg} + 100 \text{ kg} + \frac{1.2 \times 10^5 \text{ Pa} \times 4 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}} V = \frac{10^5 \text{ Pa} \times 29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}} V$$

$$\frac{10^5 \text{ Pa} \times (29 - 1.2 \times 4) \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}} V = 331 \text{ kg}$$

$$\therefore \underline{\underline{\text{V} = 338 \text{ m}^3}}$$

e) Siden ballongen er lukket, må mengde helium være den samme som i d), og vi bestemmer dette først fra de betingelsene som var gitt i d):

$$m_g = \frac{p_g M_g}{T_g} \frac{V}{R} = \frac{1.2 \times 10^5 \text{ Pa } \times 4 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} \times 338 \text{ m}^3}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 65.5 \text{ kg}$$

Ved de nye betingelsene utgjør denne gassmengden i volum:

$$m_g = \frac{p_g M_g}{T_g} \frac{V}{R} = \frac{7 \times 10^4 \text{ Pa} \times 4 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 223 \text{ K}} V = 65.5 \text{ kg}$$

$$\therefore V = 434 \text{ m}^3$$

Løfteevnen blir da:

$$\underline{\underline{m}} = \frac{10^4 \text{ Pa} \times 434 \text{ m}^3 \times 5 \times 29 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 223 \text{ K}} - 100 \text{ kg} - 65.5 \text{ kg} = \underline{\underline{174 \text{ kg}}}$$

f) Varmluftballongen er et åpent system. Heliumballongen er et lukket system. Ingen av systemene er isolerte.

Fra b) til c) benyttes prinsippet om at ballongens volum er konstant. Fra d) til e) er prinsippet at massen er konstant.

Oppgave 3

Fra tilstandligningen finner vi:

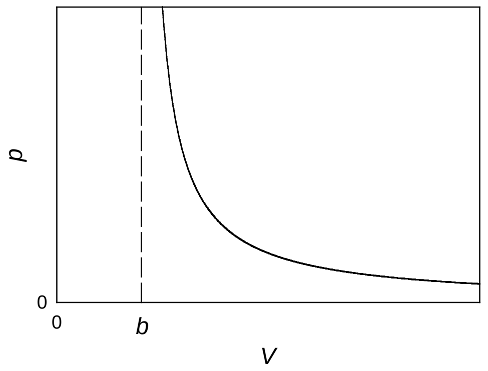
$$p(V-b)=RT$$

$$p=\frac{RT}{V-b}$$

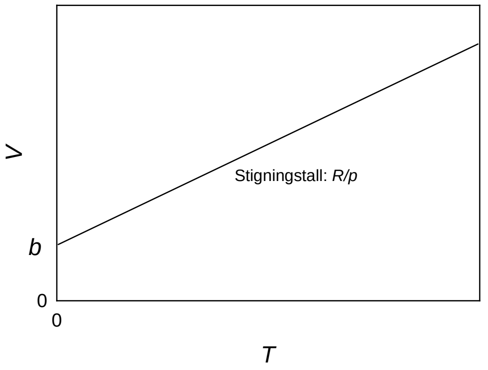
$$V=\frac{RT}{p}+b$$

Dette gir følgende skisser:

a)



b)



c)