

Übungsblatt 3 – Lösungen

a) Nach Gl. 1-1 ist  $p = \frac{nRT}{V}$

$n = 1.0 \text{ mol}$      $T = 273.15 \text{ K}$  (i) bzw.  $1000 \text{ K}$  (ii)     $V = 22.414 \text{ L}$  (i) bzw.  $100 \text{ cm}^3$  (ii)

A3.1.:

(i)  $p = \frac{(1.0 \text{ mol}) \cdot (8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (273.15 \text{ K})}{22.414 \text{ L}} = 1.0 \text{ bar}$

(ii)  $p = \frac{(1.0 \text{ mol}) \cdot (8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (1000 \text{ K})}{0.100 \text{ L}} = 8.3 \times 10^2 \text{ bar}$

b) Nach Gl. 1-22 ist  $p = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$

Der Tabelle 1.5 entnehmen wir die Werte  $a = 5.562 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}$  und  $b = 6.380 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1}$

(i)  $\frac{nRT}{V - nb} = \frac{(1.0 \text{ mol}) \cdot (8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (273.15 \text{ K})}{[22.414 - (1.0) \cdot (6.380 \times 10^{-2})] \text{ L}} = 1.016 \text{ bar}$

$\frac{an^2}{V^2} = \frac{(5.562 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}) \cdot (1.0 \text{ mol})^2}{(22.414 \text{ L})^2} = 1.10 \times 10^{-2} \text{ bar}$

Es folgt  $p = 1.016 \text{ bar} - 1.100 \times 10^{-2} \text{ bar} = 1.0 \text{ bar}$

(ii)  $\frac{nRT}{V - nb} = \frac{(1.0 \text{ mol}) \cdot (8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (1000 \text{ K})}{(0.100 - 0.06380) \text{ L}} = 2.30 \times 10^3 \text{ bar}$

$\frac{an^2}{V^2} = \frac{(5.562 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}) \cdot (1.0 \text{ mol})^2}{(0.100 \text{ L})^2} = 5.56 \times 10^2 \text{ bar}$

Es folgt  $p = 2.30 \times 10^3 \text{ bar} - 5.56 \times 10^2 \text{ bar} = 1.7 \times 10^3 \text{ bar}$

A3.2:

a) ~~Nein~~

$V_m = \frac{RT}{p} = \frac{(8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (350 \text{ K})}{2.33 \text{ bar}} = 12.5 \text{ L mol}^{-1}$

b) Mit Gl. 1-22b erhalten wir

$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$     und     $V_m = \frac{RT}{\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)} + b$

Die Werte für  $a$  und  $b$  entnehmen wir der Tabelle 1.5. Es folgt

$$V_m \approx \frac{(8.314 \times 10^{-2} \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdot (350 \text{ K})}{(2.33 \text{ bar}) + \left(\frac{6.579 \text{ L}^2 \text{ bar mol}^{-2}}{(12.5 \text{ L mol}^{-1})^2}\right)} + (5.622 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1})$$
  

$$\approx \frac{29.09 \text{ L mol}^{-1}}{2.37} + (5.622 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1}) \approx 12.3 \text{ L mol}^{-1}$$

Einsetzen von  $12.3 \text{ L mol}^{-1}$  in den Nenner des ersten Ausdrucks liefert wiederum  $V_m = 12.3 \text{ L mol}^{-1}$ , so daß die Iteration beendet werden kann.

Radius von  $\text{Cl}_2$ :

$$\text{aus } V_m = 12.5 \text{ L mol}^{-1} = 12.5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 12.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$V_{\text{Cl}_2} = \frac{V_m}{N_A} = \frac{12.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}}{6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 2.08 \cdot 10^{-26} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Cl}_2} = \frac{4\pi}{3} R_{\text{Cl}_2}^3 \Rightarrow R_{\text{Cl}_2} = \left( \frac{3V_{\text{Cl}_2}}{4\pi} \right)^{1/3} = 1.71 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 17.1 \text{ \AA}$$

$$\text{aus } b_{\text{vdw}} = 5.622 \cdot 10^{-2} \text{ L mol}^{-1} = 5.622 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$V_{\text{Cl}_2} = \frac{b}{N_A} = \frac{5.622 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}}{6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 9.336 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$$

$$R_{\text{Cl}_2} = 2.81 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 2.81 \text{ \AA}$$

$V_m$  > Eigenvolumen von 1 mol Gas molecule, da  $V_m$  den Raum beschreibt, den 1 mol Gas molecule einnehmen.  $b$  aus der vdw.-Gl. entspricht dagegen dem durch die ~~Atom~~ <sup>Elektronenhülle</sup> geometrische Volumen.

A 3.3:

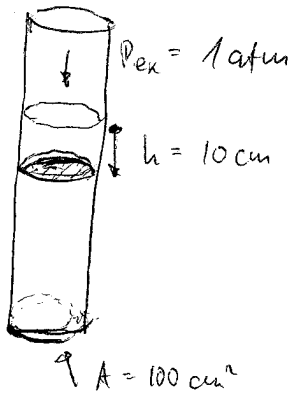
$$\left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{\alpha}{\chi_T} = \frac{1.8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}}{3.9 \cdot 10^{-6} \text{ atm}^{-1}} = 46.2 \text{ atm K}^{-1}$$

$$\Delta T = 2 \text{ K} \Rightarrow \Delta P = 96.4 \text{ K}$$

Konsequenz: Bersten des Thermometers

Das Ergebnis spiegelt die Tatsache wider, dass Flüssigkeiten nahezu inkompressibel sind; es entstehen beim Versuch der Kompression daher sehr schnell hohe Drücke. Daher führt auch ein geringfügiges Überhitzen eines Thermometers sehr schnell zu dessen Zerstörung.

A 3.4:



$$W = - p_{ex} \cdot \Delta V =$$

$$= - 1 \text{ atm} \cdot 10^3 \text{ cm}^3 =$$

$$= - 1 \text{ atm} \cdot (1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa atm}^{-1}) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 =$$

$$= - 1.013 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-2} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 =$$

$$= - 1.013 \cdot 10^2 \text{ Nm} = - 100.13 \text{ J}$$