

Axel Günther
 Claudius Knaak
 Gruppe 7 (Dienstag)

Zustandsgleichung realer Gase und kritischer Punkt

5.2:

Aus unserem Versuch erhielten wir mit der Gleichung für reale Gase $pV = nRT$ folgende Stoffmengen:

p = 2,00MPa		p = 2,50MPa	
V (ml)	n (mmol)	V (ml)	n (mmol)
3,38	2,52	2,54	2,37
3,35	2,50	2,54	2,37
3,40	2,54	2,54	2,37
3,37	2,51	2,50	2,33
3,40	2,54	2,50	2,33

$$\text{für } p_1 = 2,00\text{MPa: } \bar{n}_1 = \frac{p\bar{V}_1}{RT} = \frac{2,00\text{MPa} \cdot 3,38 \cdot 10^{-6} \text{m}^3}{8,31441 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 323,15\text{K}} = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{mol}$$

$$\text{für } p_2 = 2,50\text{MPa: } \bar{n}_2 = \frac{p\bar{V}_2}{RT} = \frac{2,50\text{MPa} \cdot 2,52 \cdot 10^{-6} \text{m}^3}{8,31441 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 323,15\text{K}} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{mol}$$

Die Unsicherheiten errechnen sich folgendermaßen:

$$u_{n1} = \sqrt{\left(\frac{u_p}{\bar{p}}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{u_v^2 + u_{s1}^2}}{\bar{V}}\right)^2 + \left(\frac{u_T}{\bar{T}}\right)^2} \cdot \bar{n}_1$$

$$u_{n2} = \sqrt{\left(\frac{u_p}{\bar{p}}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{u_v^2 + u_{s2}^2}}{\bar{V}}\right)^2 + \left(\frac{u_T}{\bar{T}}\right)^2} \cdot \bar{n}_2$$

Dabei sind u_p, u_v, u_T die apparativen Messunsicherheiten. Da V auch statistisch streut, muß hier zusätzlich die zufällige Messwertabweichung u_{s1}, u_{s2} berücksichtigt werden.

Für die statistischen Fehler benötigt man die Standardabweichungen von:

2,00MPa:

$$s_1 = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (V_i - \bar{V})^2} = 0,0212 \text{cm}^3$$

2,50MPa:

$$s_2 = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^5 (V_i - \bar{V})^2} = 0,0223 \text{cm}^3$$

damit erhält man die statistischen Unsicherheiten:

2,00MPa:

$$u_{s1} = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s_1 = 0,51 \cdot s_1 = 0,0108 \text{cm}^3$$

2,50MPa:

$$u_{s2} = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s_2 = 0,51 \cdot s_2 = 0,0114 \text{cm}^3$$

Nach obiger Formel erhält man mit den geschätzten apparativen Unsicherheiten von

$$u_p = 0,01 \text{bar}, u_v = 0,01 \text{cm}^3, u_T = 0,1 \text{K} \text{ letztendlich:}$$

$$u_1 = 4,37 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{n}_1 = 1,10 \cdot 10^{-5} \text{mol}$$

$$u_2 = 6,03 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{n}_2 = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{mol}$$

5.3:

Aus der Graphik der Isothermen erhalten wir die kritischen Größen zu:

$$V_k = 0,8 \text{ ml}$$

$$p_k = 37,3 \text{bar}$$

wobei wir die Isotherme zu $t = 45^\circ\text{C}$ verwenden.

5.4:

siehe Diagramm

5.5:

Die Werte stimmen relativ gut mit den angegebenen Werten aus dem Skript überein.

(bei $t = 45,56^\circ\text{C}$: $P_k = 38,19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

5.6:

mit den angegebenen Gleichungen ergibt sich:

$$b = \frac{kT}{8p_k} = 8,86 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

$$a = \frac{kT \cdot 27b}{8} = p_k \cdot 27b = 37,3 \text{bar} \cdot 27 \cdot 8,86 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} = 0,791 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2}$$

5.7:

Aus dem Diagramm erhält man mit der Steigung der Ausgleichsgeraden nach der Formel

$a = -L/R$ die Verdampfungsenthalpie: $L = (18,8 \pm 0,3) \text{ kJ/mol}$.

Beantwortung der Frage:

Warum sinkt, bzw. steigt der Druck noch einige Zeit, nachdem das Volumen verringert bzw. vergrößert wurde?

Durch die Volumenänderung wird Arbeit am Gas verrichtet bzw. das Gas verrichtet Arbeit. Dies äußert sich durch eine entsprechende Temperaturänderung des Gases. Nach der Volumenänderung gleicht sich die Gastemperatur wieder der des thermostat-geregelten Wassers an. Man hat hier eine Temperaturänderung bei konstantem Volumen (isochor). Deswegen muß sich der Druck ebenfalls ändern.