

# Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie II (WS 2011/2012)

## Übung 5

### Aufgabe 15:

a) Die allgemeinen Ausdrücke für Expansionskoeffizienten  $\alpha$  und isotherme Kompressibilität  $\kappa_T$  sind:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad \text{und} \quad \kappa_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$$

Berechnen Sie beide Werte für ein ideales Gas. Welche Erkenntnis liefert das Resultat?

b) Zeigen Sie des Weiteren, dass für ein ideales Gas  $\left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = \left( \frac{\partial U}{\partial p} \right)_T = 0$  gilt.

### Aufgabe 16:

Um die Temperaturabhängigkeit der Standardreaktionsenthalpie genauer zu berechnen, muss die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazitäten berücksichtigt werden. Dies geschieht häufig in der Form  $C_{p,m} = a + bT + \frac{c}{T^2}$ , wobei die Parameter  $a$ ,  $b$  und  $c$  in Tabellen zu finden sind.

Für die Reaktion  $\text{C}(\text{Graphit}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$  stimmt die Standardreaktionsenthalpie bei 25°C ( $\Delta_R H^\ominus = -74.85 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) mit der Standardbildungsenthalpie überein. Warum ist das so? Wie groß ist  $\Delta_R H^\ominus(125^\circ\text{C})$ ?

Die Parameter sind:

- C(Graphit):  $a = 16.86$ ;  $b = 0.00477$ ;  $c = -854000$
- H<sub>2</sub>(g):  $a = 27.28$ ;  $b = 0.00326$ ;  $c = -50000$
- CH<sub>4</sub>(g):  $a = 23.64$ ;  $b = 0.04786$ ;  $c = -192000$

Geben Sie die korrekten Einheiten für diese Parameter an.

### Aufgabe 17:

In der van der Waals Gleichung für reale Gase ist der Parameter "b" eine Korrektur für das Eigenvolumen der Gasteilchen, und wird daher vom molaren Volumen  $V_m$  abgezogen.  $b$  ist per Definition das vierfache Eigenvolumen der Teilchen (angenommen als Kugeln), und ist daher:

$$b = \frac{2}{3} d^3 \pi N_A, \text{ mit } d \text{ der Teilchendurchmesser und } N_A \text{ die Avogadrokonstante.}$$

Die kritischen Daten von Toluol sind  $T_c = 318.6 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $p_c = 41.08 \text{ bar}$ . Berechnen Sie die Parameter  $a$  und  $b$  (nach der van der Waals Gleichung), das kritische Volumen, und den Durchmesser des Toluolmoleküls.

Wie groß wäre der Durchmesser des Toluolmoleküls, wenn Sie annehmen würden, dass es sich um ein ideales Gas handelt?

---

### Aufgabe 18 (Zusatzaufgabe):

Berechnen Sie die Arbeit, die notwendig ist, um ein  $N_2$ -Molekül von der Erdoberfläche (Erdradius  $r = 6400$  km) aus dem Schwerkraftfeld der Erde ins Unendliche zu bringen. Es soll angenommen werden, daß keine Atmosphäre vorhanden ist.

*Anleitung:* Die Kraft, die zwischen der Erde und dem Molekül wirkt, ist durch das Gravitationsgesetz gegeben:

$F = \Gamma \frac{m_E m_{N_2}}{r^2}$ , dabei ist  $\Gamma = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$  die Gravitationskonstante,  $m_E = 6.0 \times 10^{24}$  kg die Erdmasse und  $r$  der Abstand zwischen Erdmittelpunkt und dem  $N_2$ -Molekül.

(Vorschlag: *Integration mit unendlicher Grenze*)

a) Wie groß müsste die Geschwindigkeit des Moleküls an der Erdoberfläche sein, damit es ins Weltall entweichen könnte?

b) Vergleichen Sie den Wert mit der thermischen Geschwindigkeit von  $N_2$ -Molekülen bei  $T = 23$  °C. Welchen Schluss können Sie aus diesem Vergleich ziehen?