

# Institut für Physikalische Chemie Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

## 8. Übungsblatt zur Vorlesung Physikalische Chemie I

SS 2013

Prof. Dr. Bartsch

### 8.1 M

Zeigen Sie ausgehend von der Definition der freien Enthalpie mithilfe der Definition für die Enthalpie sowie mit dem 1. und dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik, dass für die partiellen Ableitungen der freien Enthalpie nach der Temperatur bzw. nach dem Druck gilt:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S \quad \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V.$$

### 8.2 L

Das chemische Potential von  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{fl})}$  im Standardzustand ist  $\mu^\ominus$ , sein molares Volumen ( $V_m$ ) beträgt  $18 \text{ cm}^3\text{mol}^{-1}$ , die Entropie ( $S$ ) ist  $69.9 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ . Wie groß ist die Änderung des  $\mu^\ominus$  bei folgenden Prozessen: a) Erhöhung des Druckes von  $P_0 = 1 \text{ bar}$  auf  $P = 100 \text{ bar}$ . b) Erhöhung der Temperatur von  $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$  auf  $\theta = 50^\circ\text{C}$ . c) Zumischung (ideale Mischung) eines anderen Stoffes (z.B. Aceton), sodass der Stoffmengenanteil des Wassers  $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0.7$  ist.

### 8.3 L

Skizzieren Sie das P,T-Phasendiagramm von Wasser und markieren Sie den Schmelzpunkt, den Siedepunkt und den kritischen Punkt unter Standarddruck. Bezeichnen Sie die einzelnen Phasen des Phasendiagramms. Worin unterscheidet sich dieses Phasendiagramm von typischen Phasendiagrammen anderer Substanzen (bsp.  $\text{CO}_2$ )? Diskutieren Sie die Anomalie des Wassers anhand der Clapeyron-Gleichung.

### 8.4 L

a) Berechnen Sie mit der Clausius-Clapeyron-Gleichung den Dampfdruck des Wassers bei  $37^\circ\text{C}$ . Die molare Verdampfungsenthalpie  $\Delta_{\text{vap}}H_m$  von Wasser beträgt  $40.66 \text{ kJmol}^{-1}$ . Der Dampfdruck des Wassers am Siedepunkt ist bekannt. Gehen Sie davon aus, dass  $\Delta_{\text{vap}}H_m$  im betrachteten Temperaturintervall konstant ist und dass Sie Wasserdampf als ideales Gas betrachten können.

b) Die Körpertemperatur eines Menschen liegt bei  $37^\circ\text{C}$ . Gehen Sie davon aus, dass ein Mensch pro Atemzug einen halben Liter trockene Luft einatmet und einen halben Liter feuchte Luft ausatmet. Welche Masse an Wasser verliert ein Mensch auf diese Weise an einem Tag, wenn man 14 Atemzüge pro Minute annimmt und den Wasserdampf als ideales Gas behandelt?

### 8.5 L

Wasser siedet bei einem Druck von  $P = 1 \text{ bar}$  (Meereshöhe) bei  $T_0 = 373 \text{ K}$ . Bei welcher Temperatur siedet es auf dem Feldberg ( $h = 1493 \text{ m}$ )? Verwenden Sie die barometrische Höhenformel ( $M_{\text{Luft}} = 28.9 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $T = 298 \text{ K}$ ,  $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ ), um den Luftdruck auf dem Feldberg zu ermitteln.  $\Delta_{\text{vap}}H_m(\text{H}_2\text{O}) = 44 \text{ kJmol}^{-1}$ .

**8.6 L**

Benzol erstarrt unter 1 atm bei 5.5°C; dabei ändert sich die Dichte von 0.879 g cm<sup>-3</sup> (flüssig) auf 0.891 g cm<sup>-3</sup> (fest). Die Schmelzenthalpie der Verbindung beträgt 10.59 kJ mol<sup>-1</sup>. Bestimmen Sie den Gefrierpunkt von Benzol bei einem Druck von 1000 atm.

**8.7 L**

Der Schmelzpunkt einer festen Substanz bei einem Druck von 1 atm liegt bei 350.75 K. Das molare Volumen des Stoffes beträgt unter diesen Bedingungen 161.0 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>, das Molvolumen der gebildeten flüssigen Phase 163.3 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>. Bei einem Druck von 100 atm schmilzt der Stoff erst bei 351.26 K. Wie groß sind die molare Schmelzenthalpie bzw. die molare Schmelzentropie des Stoffes? Geben Sie an, welche Näherungen Sie machen.