

# Übungen zur Physikalischen und Theoretischen Chemie I

## Übung 9

Abgabe bis Montag, 17.06.2019, 12 Uhr

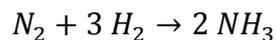
---

### Aufgabe 1

Leiten Sie für ein ideales Gas folgende Beziehung für die Freie Enthalpie im Falle einer isothermen Druckänderung her:

$$G(p_{final}) = G(p_{initial}) + nRT \ln\left(\frac{p_{final}}{p_{initial}}\right)$$

Untersuchen Sie anschließend die Auswirkung einer Druckerhöhung auf die Ammoniaksynthese:



Vergleichen Sie hierzu die Werte für die Freie Enthalpie, wenn

- alle Gase zu Beginn der Reaktion einen Partialdruck von 1 bar besitzen (Standardbedingungen: 298.15 K, 1 bar)
- bei einer isothermen Partialdruckerhöhung aller Reaktionsteilnehmer der Partialdruck auf 15 bar ansteigt.

Die Änderung der freien Enthalpie lässt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta G_R = \sum n_{Produkte} \Delta G_{Produkte} - \sum n_{Edukte} \Delta G_{Edukte}$$

Wobei  $n$  die stöchiometrischen Faktoren der Reaktionsteilnehmer darstellt.

	$\Delta G^0 \left[ \frac{kJ}{mol} \right]$
$N_2$	0
$H_2$	0
$NH_3$	-16

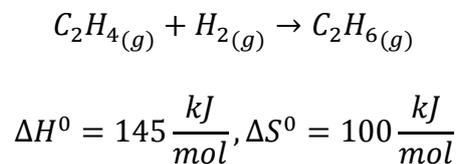
**Aufgabe 2**

- a) Bestimmen Sie die Zustandsgleichung eines Gases mit folgender molaren Freien Energie:

$$A = -\frac{a}{V_m} - RT \ln(V_m - b)$$

Um welche Zustandsgleichung handelt es sich?

- b) Bestimmen Sie den Enddruck und die Änderung der Freien Enthalpie wenn 1 mol eines idealen Gases bei 298 K und 1013.25 mbar isotherm komprimiert wird und dabei die Entropie um 20 J/K abnimmt.
- c) Bei welcher Temperatur dreht sich die Richtung der unten stehenden Reaktion um ( $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  temperaturunabhängig)?



- d) Zeigen Sie anhand der Definition von G, dass  $dG = -SdT + Vdp$  ist und leiten Sie daraus eine Maxwell-Beziehung ab.

**Aufgabe 3**

- a) In einem Glas befinden sich 0,33 L Mineralwasser mit einer Temperatur von 21°C. Wie viele Eiswürfel sind mindestens notwendig, um das Wasser auf eine Temperatur unter 8°C abzukühlen? Jeder Eiswürfel besteht aus 8g Eis mit einer Temperatur von -16°C. Der Wärmeaustausch mit der Umgebung wird vernachlässigt.
- b) Wie groß ist die Änderung der Entropie, wenn 2,5 mol -10°C kaltes Wasser zu Eis gefrieren? Beachten Sie:  $\Delta S = \frac{\delta q_{rev}}{T}$

Spezifische Wärmekapazität von Wasser:  $4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Spezifische Wärmekapazität von Eis:  $2,09 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Spezifische Schmelzwärme von Eis:  $334 \text{ kJ kg}^{-1}$

**Aufgabe 4**

Berechnen Sie die Änderung des chemischen Potentials eines idealen Gases, wenn man es bei 50°C von 2 bar auf 4 bar komprimiert und wenn man es bei 5 bar von 25°C auf 50°C erwärmt. Skizzieren Sie anschließend Druck und Temperaturabhängigkeit des chemischen Potentials eines idealen Gases graphisch.