

## Übungen zur Vorlesung "Physikalische Chemie 1" Wiederholungsaufgaben

### Anmerkungen

Diese Aufgaben dienen zur Vorbereitung auf die Klausur zur Vorlesung. Die Aufgaben werden nach Bedarf am Dienstag 22.02.2022 in der letzten Fragestunde vorgerechnet.

### Aufgaben

#### 1 Kreisprozess

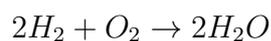
Ausgangspunkt ist ein ideales Gas mit dem Volumen  $4\text{ m}^3$ , der Temperatur  $300\text{ K}$  und dem Druck  $5\text{ bar}$ , Stoffmenge  $801,8\text{ mol}$ . Wärmekapazitäten betragen  $c_v = \frac{3}{2}R \cdot n$  bzw.  $c_p = \frac{5}{2}R \cdot n$ .

Betrachten Sie folgenden Kreisprozess:

- I Isochor erhitzen auf  $900\text{ K}$
  - II Isotherm expandieren bis der Druck erneut  $5\text{ bar}$  beträgt
  - III Isobar abkühlen zum Ursprungszustand.
- a) Skizzieren Sie den Prozess in einem  $p/V$ -Diagramm.
  - b) Wie hoch ist der Druck am Ende von Schritt I?
  - c) Wie groß ist das Volumen am Ende von Schritt II?
  - d) Berechnen Sie für Schritt II übertragene Wärme, geleistete Arbeit und die Entropieänderung.
  - e) Anstelle der isothermen Expansion in Schritt II öffnen Sie nun das System zur Atmosphäre ( $1\text{ bar}$ ). Was ist der grundlegende Unterschied (neben dem unterschiedlichen Enddrücken) im Vergleich zur Expansion in Schritt II? Berechnen Sie erneut die geleistete Volumenarbeit.

#### 2 Bombenkalorimeter

In einem Bombenkalorimeter soll die Knallgasreaktion untersucht werden:



Zur Eichung des Kalorimeters wird ein Heizdraht eingesetzt: Ein Strom von  $10\text{ A}$  bei einer Spannung von  $11\text{ V}$  führt nach einer Zeit von  $400\text{ s}$  zu einer Temperaturerhöhung von  $8\text{ K}$ . Im Folgenden soll davon ausgegangen werden, dass die Kalorimetertemperatur unter Versuchsbedingungen  $350\text{ K}$  beträgt, alle Reaktionspartner gasförmig vorliegen und als ideales Gas behandelt werden können. Bei Reaktionsbeginn beträgt der Wasserstoffpartialdruck  $400\text{ mbar}$  und der Sauerstoffpartialdruck  $200\text{ mbar}$ . Der Reaktor hat ein Volumen von  $0,5\text{ l}$ . Bei der Reaktion wird eine Temperaturerhöhung des Kalorimeters von  $0,53\text{ K}$  gemessen.

- a) Die Kalorimeterkonstante beschreibt die Wärmekapazität des Kalorimeters ohne eine Probe. Berechnen Sie diese aus der Temperaturerhöhung durch die Zuführung der elektrischen Arbeit.
- b) Berechnen Sie  $\Delta U$  für diese Reaktion bezogen auf  $1\text{ mol H}_2\text{O}$ .

### 3 Reaktionen

Betrachten Sie folgende Reaktion:



	$\Delta_{m,B}H^\ominus \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$	$S_m^\ominus \left(\frac{\text{J}}{\text{molK}}\right)$	$C_{m,p} \left(\frac{\text{J}}{\text{molK}}\right)$
$\text{CaCO}_3(s)$	-1207	+93	+83,50
$\text{CaO}(s)$	-635	+40	+56,08
$\text{CO}_2(g)$	-394	+214	+56,91

- Berechnen Sie die Standardreaktionsenthalpie pro mol.
- Berechnen Sie die freie Standardreaktionsenthalpie pro mol.
- Bestimmen Sie, ob die Reaktion exotherm/endothrm, exergonisch/endergonisch ist.
- Nun wird die Temperatur auf 1900 °C erhöht. Berechnen Sie die freie Standardreaktionsenthalpie pro mol für die neue Temperatur und bestimmen sie erneut, ob die Reaktion endotherm oder exotherm, sowie exergonisch oder endergonisch ist. Die spezifischen Wärmekapazitäten dürfen dabei als temperaturunabhängig angenommen werden.

### 4 Verdampfungsenthalpie

Wie viel Wasser wird verdampft, wenn ein Stück festes, glühendes Gold ( $m = 4 \text{ g}$ ,  $T = 900 \text{ °C}$ ) in einen Behälter mit 1 g Wasser ( $T = 25 \text{ °C}$ ) hineinfällt?

Spez. Wärmekapazitäten:  $c_p(\text{Au}(s)) = 0,129 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$       $c_p(\text{H}_2\text{O}(l)) = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$

Spez. Verdampfungsenthalpie:  $\Delta_V H^\ominus(\text{H}_2\text{O}) = 2,25 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$

### 5 Schmelzpunkterniedrigung

Wie viel g Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ,  $M = 58,44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ) müssen Sie in einer Regentonne (200 kg Wasser) mindestens auflösen, um zu verhindern, dass die Tonne in einer  $-1 \text{ °C}$  kalten Nacht einfriert? Die kryoskopische Konstante von Wasser beträgt  $-1,86 \frac{\text{Kkg}}{\text{mol}}$ .

### 6 Reale Gase und Kinetische Gastheorie

- 2 mol gasförmiger Sauerstoff werden isobar von 15 l auf 10 l verdichtet. Welche Temperatur hat das Gas nach der Komprimierung, wenn man bei  $T = 400 \text{ K}$  startet? Welcher Druck liegt vor, wenn man von einem idealen Gas ausgeht?
- Sauerstoff ist ein reales Gas. Berechnen Sie den Druck mittels der Van-der-Waals-Gleichung und vergleichen Sie das Ergebnis mit a):  $a = 0,1382 \frac{\text{J}\cdot\text{m}^3}{\text{mol}^2}$       $b = 3,186 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$
- Skizzieren Sie die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung von  $\text{O}_2$  und markieren Sie qualitativ die mittlere Geschwindigkeit  $\langle v \rangle$ , die Wurzel der quadratisch gemittelte Geschwindigkeit  $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$  und die wahrscheinlichste Geschwindigkeit  $v_m$ .

### 7 Chem. Potential an Phasenübergängen

- Skizzieren Sie den Verlauf des chemischen Potentials eines Stoffes, der mit steigendem Druck erst kondensiert und dann erstarrt.
- Ergänzen sie folgende Aussagen mit  $<$ ,  $>$  oder  $=$  für den spontanen Phasenübergang von fest (s) nach flüssig (l):  
 $dG ? 0$ ;      $d\mu ? 0$ ;      $G(l) ? G(s)$ ;

## 8 Multiple Choice

- a) Welche der folgenden Aussagen treffen für das ideale Gas zu?
- 50% aller Teilchen eines Gases besitzen die mittlere kinetische Energie.
  - Bei gleichem Druck, Volumen und Temperatur ist die mittlere kinetische Energie von einem Mol Helium und einem Mol Argon gleich.
  - Das Maximum der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung entspricht der wahrscheinlichsten Geschwindigkeit von Teilchen eines Gases.
  - Bei gleichem Druck, Volumen und Temperatur ist die mittlere Geschwindigkeit von einem Mol Helium kleiner als von einem Mol Argon.
- b) Welche der folgenden Größen sind Prozessgrößen?
- Wärme  $q$
  - Freie Enthalpie  $G$
  - Entropie  $S$
  - Arbeit  $w$
- c) Welche der folgenden Eigenschaften sind kolligativ?
- Dampfdruck bei Raumtemperatur
  - Siedepunktserhöhung
  - Dichte  $\rho$
  - Osmotischer Druck
- d) Bei welchen Zustandsänderungen gibt es keine Änderung der Gesamtentropie  $S$ ?
- Isothermen Zustandsänderungen
  - Isobaren Zustandsänderungen
  - Adiabatischen Zustandsänderungen
  - Isochoren Zustandsänderungen
- e) Welche Annahmen gelten für ideale Gase:
- Kein Eigenvolumen.
  - Nur inelastische Stöße zwischen Teilchen.
  - Nur elastische Stöße zwischen Teilchen.
  - Keine Stöße mit der Wand.
- f) Was unterscheidet das Phasendiagramm von Wasser wesentlich von dem anderer Stoffe?
- Es gibt keine Phasengrenzlinie zwischen fester Phase und gasförmiger Phase, d.h. Wasser kann nicht sublimieren.
  - Die Phasengrenzlinie zwischen der festen Phase und der flüssigen Phase hat eine negative Steigung.
  - Es gibt bei Wasser keinen Tripelpunkt, es können also nicht alle drei Phasen fest, flüssig und gasförmig im Gleichgewicht koexistieren.
- g) **Jede** exergone Reaktion
- läuft freiwillig ab.
  - erhöht die Entropie des Systems.
  - erhöht die Entropie der Umgebung.
  - erhöht die Gesamtentropie.
- h) Der erste Hauptsatz der Thermodynamik hat zur Folge, dass
- eine spontan ablaufende Reaktion irreversibel ist.
  - es kein Perpetuum Mobile erster Art gibt.
  - es kein Perpetuum Mobile zweiter Art gibt.
  - Energie erhalten bleibt.
- i) Welche Aussagen treffen auf ideale Gase zu?
- Die Wärmekapazität bei konstantem Druck ist nur von der Molmasse abhängig.
  - Die Wärmekapazität bei konstantem Volumen ist nur von der Temperatur abhängig.
  - Wasserdampf verhält sich bei hohen Drücken näherungsweise wie ein ideales Gas.
  - Helium verhält sich bei niedrigen Drücken näherungsweise wie ein ideales Gas.