

## Übungen zur Vorlesung "Physikalische Chemie 1" Thema ideale Gase, Wärme, Wärmekapazität

### Wiederholung: ideale Gase

Rechnen Sie so häufig wie möglich in SI Einheiten und überlegen Sie sich vorher, welche Einheit das Ergebnis haben sollte.

Konstanten:

Erdbeschleunigung:  $9,81 \frac{m}{s^2}$

Standard Luftdruck: 1013 hPa

Allgemeine Gaskonstante:  $R = 8,3144621 \frac{J}{mol \cdot K}$

### Aufgaben

#### 1. Wasserpumpe

Wie hoch kann Wasser in einem langen Rohr gesaugt werden, wenn das Rohr unten in ein Wasserbad taucht und oben an eine Vakuumpumpe (evakuiert bis  $1 \text{ hPa}$ ) angeschlossen ist? Außen gelten Standardbedingungen. Ist es sinnvoll, eine stärkere Pumpe, z.B. eine Hochvakuumpumpe (evakuiert bis  $10^{-7} \text{ Pa}$ ) einzusetzen, um das Wasser höher zu saugen? Was müssen Sie tun, um Wasser aus einer größeren Tiefe zu fördern?

#### 2. Taucherglocke

Eine Taucherglocke hat ein Volumen von  $5 \text{ m}^3$ . Bei Normaldruck ( $1 \text{ atm}$ ) wird sie in einen See hinabgelassen. Auf welches Volumen wird die Luft in der Glocke komprimiert, wenn die Glocke die tiefste Stelle ( $100,0 \text{ m}$ ) des Sees erreicht? Berechnen Sie dazu den Druck, der in dieser Tiefe herrscht (vernachlässigen Sie nicht die Luft, die über dem See existiert!). Die Temperatur sei im ganzen See konstant, die Dichte des Wassers beträgt  $1022 \frac{g}{L}$ .

#### 3. Allgemeine Gaskonstante

Sie wollen die allgemeine Gaskonstante bestimmen und füllen dazu  $500,0 \text{ g Xenon}$  ( $M = 131 \frac{g}{mol}$ ) in einen  $15 \text{ l}$  Kanister. Dieser wird mit Inhalt auf  $100^\circ\text{C}$  aufgeheizt und Sie messen einen Druck von  $7,73 \text{ bar}$ . Berechnen Sie die Gaskonstante unter Annahme von idealem Verhalten und vergleichen Sie sie mit dem exakten Wert. Woher kommt die Abweichung? Verständnisfrage: Erwarten Sie mehr oder weniger Abweichung, wenn Sie statt Xenon Wasserdampf ( $M=18 \frac{g}{mol}$ ), oder Helium ( $M=4 \frac{g}{mol}$ ) verwenden würden?

# Grundlagen Wärme, Wärmekapazität

Die Wärme  $q$  ist die Energie, die während einer Zustandsänderung als Folge einer Temperaturdifferenz übertragen wird. Sie ist – wie die Arbeit – eine Prozessgröße. Die Wärme  $q$  berechnet sich über die Temperaturänderung  $dT$  und Wärmekapazitäten  $c_v$  bzw.  $c_p$  bei konstantem Volumen bzw. Druck.

$$dq = c_v dT \quad \text{bzw.} \quad dq = c_p dT. \quad (1)$$

Die spezifischen Wärmekapazitäten  $c_{v,s} = \frac{c_v}{m}$  bzw.  $c_{p,s} = \frac{c_p}{m}$  und molaren Wärmekapazitäten  $c_{v,m} = \frac{c_v}{n}$  bzw.  $c_{p,m} = \frac{c_p}{n}$  hängen jeweils von Masse  $m$  oder Stoffmenge  $n$  der Substanz ab.

## Aufgaben

### 4. Wasserdampf

Die Temperaturabhängigkeit der molaren Wärmekapazität bei konstantem Druck von Gasen kann mit der empirischen Formel

$$c_{p,m} = a + b \cdot T + c \cdot T^2$$

angenähert werden. Für gasförmigen Wasserdampf gilt:

$$a = 30,38 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad b = 9,621 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}^2} \quad c = 1,185 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}^3}$$

- Wie viel Wärmeenergie wird abgegeben, wenn 175 g Wasserdampf von 700 K auf eine Temperatur von 400 K abgekühlt wird?
- Worauf müssen Sie achten, wenn Sie  $\text{H}_2\text{O}$  weiter auf 300 K abkühlen? (keine Rechnung)

### 5. Wärmekapazität

- Berechnen Sie die Wärme, die  $10 \text{ m}^3$  idealem Gas zugeführt werden muss, um seine Temperatur von  $23^\circ\text{C}$  auf  $73^\circ\text{C}$  zu ändern, wenn der Druck während des Prozesses konstant bleibt und  $15,6 \text{ kPa}$  beträgt. Die molare Wärmekapazität des Gases soll im betrachteten Temperaturintervall konstant sein und  $c_{p,m} = 20,78 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$  betragen.
- Wie groß ist die Volumenzunahme des Gases?