

1. Die Anzahl von **Atomen oder Molekülen** in makroskopischen Volumina und Massen.

→ Wie viele Atome, beziehungsweise Moleküle enthalten

- a) 10 g $^{12}_6\text{C}$, (*Lösung*: $N = 5,02 \cdot 10^{23}$ Atome)
- b) 1 dm³ Helium bei einem Druck von 10⁵ Pa und einer Temperatur von 0 °C, (*Lösung*: $N = 2,65 \cdot 10^{22}$ Atome)
- c) 1 kg Stickstoff (N₂), (*Lösung*: $N = 2,15 \cdot 10^{25}$ Moleküle)
- d) Eine Stahlflasche mit 20 dm³ O₂-Gas bei 200 bar Druck und 22 °C (dies entspricht dem Druck in einer typischen Gasflasche)? (*Lösung*: $N = 9,82 \cdot 10^{25}$ Moleküle)

2. Kenngrößen idealer Gase: Wir betrachten 1 m³ Luft bei **Normalbedingungen** ($T = 273,15 \text{ K}$, $p = 10^5 \text{ Pa}$).

- a) **Wie viele Moleküle** enthält 1 m³ Luft? (*Lösung*: $N = 2,65 \cdot 10^{25}$ Moleküle)
- b) Wie groß ist der **mittlere Abstand der Moleküle**? (*Lösung*: $d = 3,35 \text{ nm}$)
- c) Wie groß ist der **Raumausfüllungsfaktor η** , wenn man annimmt, dass alle Moleküle durch harte Kugeln mit dem Radius $r = 0,1 \text{ nm}$ beschrieben werden können? (*Lösung*: $\eta = 1,11 \cdot 10^{-4}$)
- d) Wie groß ist die **mittlere freie Weglänge Λ** ? (*Lösung*: $\Lambda = 212 \text{ nm}$)
- e) Welche Werte nehmen die obigen Größen für einen Druck von **300 bar** an (T bleibt gleich)? (*Lösung*: $N = 7,96 \cdot 10^{27}$ Moleküle; $d = 0,501 \text{ nm}$; $\eta = 0,033$; $\Lambda = 0,7 \text{ nm}$)
- f) Welche Werte nehmen die obigen Größen für eine **Temperatur von 400 °C** an (p bleibt gleich)? (*Lösung*: $N = 1,08 \cdot 10^{25}$ Moleküle; $d = 4,5 \text{ nm}$; $\eta = 4,52 \cdot 10^{-5}$; $\Lambda = 520 \text{ nm}$)

3. Man berechne die Dichte von Luft bei **Normalbedingungen** ($T = 273,15 \text{ K}$, $p = 10^5 \text{ Pa}$) mittels zweier Ansätze:

- a) Mit Hilfe der Molekulargewichte der einzelnen Moleküle. Man ermittle diese aus der Literatur. (*Lösung*: $\rho = 1,28 \text{ kgm}^{-3}$)
- b) Mit Hilfe der **gerundeten Massezahlen** der Elemente und der atomaren Masseneinheit u . (*Lösung*: $\rho = 1,27 \text{ kgm}^{-3}$)

4. Man berechne

- a) die **mittlere kinetische Energie** (*Lösung*: $\bar{E} = 1,02 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,064 \text{ eV}$)
- b) die **mittlere Geschwindigkeit** (*Lösung*: $\bar{v} = 2383 \text{ kmh}^{-1}$)

von **Stickstoffmolekülen** bei einer Temperatur von 22 °C mit Hilfe des Gleichverteilungssatzes.

Bitte Seite wenden!

5. Zweiatomiges Gas: Die Moleküle eines zweiatomigen Gases weisen bei einem Druck $p = 1 \text{ mbar}$ und einer Temperatur $\vartheta = 15 \text{ °C}$ eine **mittlere Geschwindigkeit** von **1887 m/s** auf.

- Um welches Gas handelt es sich?
- Die Rotationsfrequenz der Gasmoleküle um deren Schwerpunkt beträgt $6,6 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$. Berechnen Sie mit Hilfe des **Gleichverteilungssatzes** den Bindungsabstand. d . (*Lösung:* $d = 74 \text{ pm}$)
- Wieviele **Umdrehungen** n macht ein Molekül in der **Zeit zwischen zwei Stößen**? (d kann als **effektiver Durchmesser des Moleküls** gesehen werden, das Gas befindet sich im **thermischen Gleichgewicht!**) (*Lösung:* $n = 5,72 \cdot 10^6$)

Hinweis: Betrachten Sie das Molekül als zwei Punktmassen, die durch einen starren, masselosen Stab der Länge d verbunden sind.

6. Ermittlung der **Boltzmann-Konstante** und der **Avogadro-Zahl** aus der Dichteverteilung von Kolloidteilchen in Wasser (**Versuch von Perrin**): In einer Suspension von Kolloidteilchen in Wasser werden in der Höhe h_1 im Durchschnitt $n_1 = 52$ Teilchen detektiert, in der Höhe $h_2 = h_1 + 80 \text{ }\mu\text{m}$ im Durchschnitt $n_2 = 11$ Teilchen. Die Massendichte der Teilchen betrage $\rho_T = 1,194 \text{ kgdm}^{-3}$ und ihr Radius $r = 0,212 \text{ }\mu\text{m}$.

→ Man berechne aus diesen Daten

- die Masse m der Teilchen, sowie deren scheinbare Masse m^* unter Berücksichtigung des Auftriebes in Wasser, (*Lösung:* $m = 4,77 \cdot 10^{-17} \text{ kg}$; $m^* = 7,74 \cdot 10^{-18} \text{ kg}$)
- die **Boltzmann-** und die **Avogadro-Konstante**,
(*Lösung:* $k_B = 1,325 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$; $N_A = 6,28 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)
- die **Molmasse** der Teilchen. (*Lösung:* $M = 2,99 \cdot 10^7 \text{ kgmol}^{-1}$)
- Wie viele Teilchen müsste die Experimentatorin in h_2 beobachten, um den **exakten Wert** $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ zu erhalten? (*Lösung:* 11,7, also etwa 12)

Hinweis: Die Dichte von Wasser kann aus der Literatur ermittelt werden. Die Temperatur im Labor betrage 22 °C .