

**1.** 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:  $\rho = 1,27 \text{ kgm}^{-3}$ )

**2.** Kenngrößen idealer Gase: Wir betrachten  $1 \text{ m}^3$  Luft bei **Normalbedingungen** ( $T = 273,15 \text{ K}$ ,  $p = 10^5 \text{ Pa}$ ).

- a) **Wie viele Moleküle** enthält  $1 \text{ m}^3$  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  $\eta$** , 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  $\Lambda$** ? (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.** Die Anzahl von **Atomen oder Molekülen** in makroskopischen Volumina und Massen.

→ Wie viele Atome, beziehungsweise Moleküle enthalten

- a)  $10 \text{ g } {}^{12}_6\text{C}$ , (Lösung:  $N = 5,02 \cdot 10^{23}$  Atome)
- b)  $1 \text{ dm}^3$  Helium bei einem Druck von  $10^5 \text{ Pa}$  und einer Temperatur von  $0 \text{ °C}$ ,  
(Lösung:  $N = 2,65 \cdot 10^{22}$  Atome)
- c)  $1 \text{ kg}$  Stickstoff ( $\text{N}_2$ ), (Lösung:  $N = 2,15 \cdot 10^{25}$  Moleküle)
- d) Eine Stahlflasche mit  $20 \text{ dm}^3$   $\text{O}_2$ -Gas bei  $200 \text{ bar}$  Druck und  $22 \text{ °C}$  (dies entspricht dem Druck in einer typischen Gasflasche)? (Lösung:  $N = 9,82 \cdot 10^{25}$  Moleküle)

**4.** Man berechne den **minimalen Radius**, den ein **Planet** mit einer durchschnittlichen Dichte von **5500  $\text{kgm}^{-3}$**  und einer Atmosphärentemperatur von **400 °C** haben muss, um eine Atmosphäre aus **reinem Sauerstoff** zu halten. (Lösung:  $r = 413,2 \text{ km}$ )

Hinweis: Fluchtgeschwindigkeit!

**5.** 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  $22 \text{ °C}$  mit Hilfe des Gleichverteilungssatzes.

**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

- a) die Masse  $m$  der Teilchen, sowie deren scheinbare Masse  $m^*$  unter Berücksichtigung des Auftriebes in Wasser, (Lösung:  $m = 4,77 \cdot 10^{-17} \text{ kg}$ ;  $m^* = 7,74 \cdot 10^{-18} \text{ kg}$ )
- b) die **Boltzmann-** und die **Avogadro-Konstante**,  
(Lösung:  $k_B = 1,325 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ ;  $N_A = 6,28 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
- c) die **Molmasse** der Teilchen. (Lösung:  $M = 2,99 \cdot 10^7 \text{ kgmol}^{-1}$ )
- d) 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  $22 \text{ °C}$ .