

- 1.** Kenngrößen idealer Gase: Wir betrachten 1 m^3 Luft bei **Normalbedingungen** ($T = 273,15 \text{ K}$, $p = 10^5 \text{ Pa}$).
- Wie viele Moleküle enthält 1 m^3 Luft? (*Lösung*: $N = 2,65 \cdot 10^{25}$ Moleküle)
 - Wie groß ist der **mittlere Abstand der Moleküle**? (*Lösung*: $d = 3,35 \text{ nm}$)
 - 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*: $\eta = 1,11 \cdot 10^{-4}$)
 - Wie groß ist die **mittlere freie Weglänge Λ** ? (*Lösung*: $\Lambda = 212 \text{ nm}$)
 - Welche Werte nehmen die obigen Größen für einen Druck von **300 bar** an (T bleibt gleich)?
(*Lösung*: $N = 7,96 \cdot 10^{27}$ Moleküle; $d = 0,501 \text{ nm}$; $\eta = 0,033$; $\Lambda = 0,7 \text{ nm}$)
 - Welche Werte nehmen die obigen Größen für eine **Temperatur von $400 \text{ }^\circ\text{C}$** an (p bleibt gleich)?
(*Lösung*: $N = 1,08 \cdot 10^{25}$ Moleküle; $d = 4,5 \text{ nm}$; $\eta = 4,52 \cdot 10^{-5}$; $\Lambda = 520 \text{ nm}$)

- 2.** 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 $22 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 3.** **Zweiatomiges Gas:** Die Moleküle eines zweiatomigen Gases weisen bei einem Druck $p = 1 \text{ mbar}$ und einer Temperatur $\vartheta = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

Bitte Seite wenden!

4. Man berechne

- a) die **mittlere kinetische Energie** (*Lösung:* $\bar{E} = 0,038 \text{ eV}$)
- b) die **mittlere Geschwindigkeit** (*Lösung:* $\bar{v} = 1845 \text{ kmh}^{-1}$)

von **Stickstoffmolekülen** bei einer Temperatur von $22 \text{ }^\circ\text{C}$ mit Hilfe des Gleichverteilungssatzes.

5. Die Zustandsgleichung für ein Mol eines **Van der Waals-Gases** lautet: $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$. Bei p_k , V_k und T_k (**kritischer Druck, kritisches Volumen, kritische Temperatur**) besitzt die Zustandsgleichung $p = p(V, T_k)$ einen **Sattelpunkt**.

- a) Wie lautet die Zustandsgleichung?
- b) Unter Zuhilfenahme des Faktums, dass die Zustandsgleichung bei $p_k = p_k(V_k, T_k)$ einen Sattelpunkt aufweist, drücke man die Konstanten a und b der Zustandsgleichung als **Funktionen von p_k , V_k und T_k** aus. (*Lösung:* $a = (9/8)RT_kV_k$, $b = V_k/3$)
- c) Was ist die **physikalische Bedeutung der Konstanten a und b** ? (Dimensionsbetrachtung!)

6. Die **Van der Waals-Konstanten** für Stickstoff lauten: $a = 1,32 \cdot 10^5 \text{ Jm}^3\text{kmol}^{-2}$; $b = 0,043 \text{ m}^3\text{kmol}^{-1}$. Eine Gasmenge von $m = 50 \text{ g}$ dehnt sich bei $\vartheta = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ von einem Anfangsvolumen $V_1 = 0,5 \text{ l}$ isotherm auf das vierfache Volumen aus.

→ Man berechne die Arbeit gegen die äußeren Kräfte! (*Lösung:* -6 kJ)