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

a) **Wie viele Moleküle** enthält **1 m^3** Luft? *(Lösung: N = 2,65 · 10^{25} Moleküle)*
b) Wie groß ist der **mittlere Abstand der Moleküle**? *(Lösung: d = 3,35 nm)*
c) Wie groß ist der **Raumausfüllungsfaktor η**, wenn man annimmt, dass alle Moleküle durch harte Kugeln mit dem Radius **r = 0,1 nm** beschrieben werden können? *(Lösung: η = 1,11 · 10^{-4})*
d) Wie groß ist die **mittlere freie Weglänge Λ**? *(Lösung: Λ = 212 nm)*
e) Welche Werte nehmen die obigen Größen für einen Druck von **300 bar** an (T bleibt gleich)? *(Lösung: N = 7,96 · 10^{27} Moleküle; d = 0,501 nm; η = 0.033; Λ = 0,7 nm)*
f) Welche Werte nehmen die obigen Größen für eine **Temperatur von 400 °C** an (p bleibt gleich)? *(Lösung: N = 1,08 · 10^{25} Moleküle; d = 4,5 nm; η = 4,52 · 10^{-5}; Λ = 520 nm)*

2. Man berechne

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

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

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

➔ Wie viele Atome, beziehungsweise Moleküle enthalten

a) 10 g ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$, *(Lösung: N = 5,02 · 10^{23} Atome)*
b) 1 dm^3 Helium bei einem Druck von 10^5 Pa und einer Temperatur von 0 °C, *(Lösung: N = 2,65 · 10^{22} Atome)*
c) 1 kg Stickstoff (N_2), *(Lösung: N = 2,15 · 10^{25} Moleküle)*
d) Eine Stahlflasche mit 20 dm^3 O_2-Gas bei 200 bar Druck und 22 °C (dies entspricht dem Druck in einer typischen Gasflasche)? *(Lösung: N = 9,82 · 10^{25} Moleküle)*

4. **Zweiatomiges Gas:** Die Moleküle eines zweiatomigen Gases weisen bei einem Druck **p = 1 mbar** und einer Temperatur **ϑ = 15 °C** eine **mittlere Geschwindigkeit** von **1887 m/s auf.**

a) Um welches Gas handelt es sich?.
b) Die Rotationsfrequenz der Gasmoleküle um deren Schwerpunkt beträgt **6,6 · 10^{12} Hz**. Berechnen Sie mit Hilfe des **Gleichverteilungssatzes** den Bindungsabstand. **d**. *(Lösung: d = 74 pm)*
c) 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 · 10^6)*

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

Bitte Seite wenden!

5. 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 $\boldsymbol{h_1}$ im Durchschnitt $\boldsymbol{n_1} = \mathbf{52}$ Teilchen detektiert, in der Höhe $\boldsymbol{h_2} = \boldsymbol{h_1} + \mathbf{80\ \mu m}$ im Durchschnitt $\boldsymbol{n_2} = \mathbf{11}$ Teilchen. Die Massendichte der Teilchen betrage $\boldsymbol{\rho_T} = \mathbf{1{,}194\ kgdm^{-3}}$ und ihr Radius $\boldsymbol{r} = \mathbf{0{,}212\ \mu m}$.

➔ Man berechne aus diesen Daten

a) die Masse $\boldsymbol{m}$ der Teilchen, sowie deren scheinbare Masse $\boldsymbol{m^*}$ unter Berücksichtigung des Auftriebes in Wasser, *(<u>Lösung</u>: $m = 4{,}77 \cdot 10^{-17}$ kg; $m^* = 7{,}74 \cdot 10^{-18}$ kg)*

b) die **Boltzmann-** und die **Avogadro-Konstante**, *(<u>Lösung</u>: $k_B = 1{,}325 \cdot 10^{-23}$ JK^{-1}; $N_A = 6{,}28 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})*

c) die **Molmasse** der Teilchen. *(<u>Lösung</u>: $M = 2{,}99 \cdot 10^{7}$ kgmol^{-1})*

d) Wie viele Teilchen müsste die Experimentatorin in $\boldsymbol{h_2}$ beobachten, um den **exakten Wert** $\mathbf{k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ JK^{-1}}$ zu erhalten? *(<u>Lösung</u>: 11,7 , also etwa 12)*

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

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

a) Wie lautet die Zustandsfunktion?

b) Unter Zuhilfenahme des Faktums, dass die Zustandsfunktion bei $p_k = p_k(V_k, T_k)$ einen Sattelpunkt aufweist, drücke man die Konstanten $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ der Zustandsfunktion als **Funktionen von** $\mathbf{p_k}$, $\boldsymbol{V_k}$ und $\boldsymbol{T_k}$ aus. *(<u>Lösung</u>: $a = (9/8)\mathrm{R}T_kV_k$, $b = V_k/3$)*

c) Was ist die **physikalische Bedeutung der Konstanten** $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$? (Dimensionsbetrachtung!)