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? *(<u>Lösung</u>:* $N = 2{,}65 \cdot 10^{25}$ Moleküle*)*
b) Wie groß ist der **mittlere Abstand der Moleküle**? *(<u>Lösung</u>:* $d = 3{,}35$ 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? *(<u>Lösung</u>:* $\eta = 1{,}11 \cdot 10^{-4}$*)*
d) Wie groß ist die **mittlere freie Weglänge Λ**? *(<u>Lösung</u>:* $\Lambda = 212$ nm*)*
e) Welche Werte nehmen die obigen Größen für einen Druck von **300 bar** an (*T* bleibt gleich)? *(<u>Lösung</u>:* $N = 7{,}96 \cdot 10^{27}$ Moleküle*;* $d = 0{,}501$ nm*;* $\eta = 0.033$*;* $\Lambda = 0{,}7$ nm*)*
f) Welche Werte nehmen die obigen Größen für eine **Temperatur von 400 °C** an (*p* bleibt gleich)? *(<u>Lösung</u>:* $N = 1{,}08 \cdot 10^{25}$ Moleküle*;* $d = 4{,}5$ nm*;* $\eta = 4{,}52 \cdot 10^{-5}$*;* $\Lambda = 520$ 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 $h_2 = h_1 + 80\ \mu m$ im Durchschnitt $n_2 = 11$ Teilchen. Die Massendichte der Teilchen betrage $\rho_T = 1{,}194\ kgdm^{-3}$ und ihr Radius $r = 0{,}212\ \mu m$.

➔ Man berechne aus diesen Daten

a) die Masse ***m*** der Teilchen, sowie deren scheinbare Masse ***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 h_2 beobachten, um den **exakten Wert** $k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ JK^{-1}$ 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.

3. **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 **$6{,}6 \cdot 10^{12}$ Hz**. Berechnen Sie mit Hilfe des **Gleichverteilungssatzes** den Bindungsabstand. ***d***. *(<u>Lösung</u>:* $d = 74$ 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!**) *(<u>Lösung</u>:* $n = 5.72 \cdot 10^6$*)*

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

<u>Bitte Seite wenden!</u>

4. Man berechne

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

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

5. Zwei verschiedene **Van der Waals-Gase** von **je 1 Mol** besitzen folgende kritische Drücke und Temperaturen: Gas 1: $\boldsymbol{p_k}$ **=** 50,6 bar, $\boldsymbol{T_k}$ **=** 155 K; Gas 2: $\boldsymbol{p_k}$ **=** 77,1 bar, $\boldsymbol{T_k}$ **=** 417 K.

a) Man berechne daraus die **Van der Waals-Konstanten _a_** und **_b_** für die beiden Gase.
(Lösung: $a_1 = 1{,}385 \cdot 10^{-1}$ Jm³mol^{-2}, $b_1 = 3{,}18 \cdot 10^{-5}$ m³mol^{-1}, $a_2 = 6{,}577 \cdot 10^{-1}$ Jm³mol^{-2}, $b_2 = 5{,}62 \cdot 10^{-5}$ m³mol^{-1}_)_
b) Unter der Annahme, dass **bei** $\boldsymbol{V_k}$ **die Gasteilchen dicht gepackt sind** und dass es sich um **zweiatomige Moleküle** aus **kugelförmigen** Atomen handelt, berechne man die **Atomradien**.
(Lösung: $r_1 = 0{,}27$ nm, $r_2 = 0{,}32$ nm_)_

6. Die **Van der Waals-Konstanten** für Stickstoff lauten: $\boldsymbol{a = 1{,}32 \cdot 10^5}$ **Jm³kmol**$^{-2}$; $\boldsymbol{b = 0{,}043}$ **m³kmol**$^{-1}$. Eine Gasmenge von $\boldsymbol{m}$ **= 50 g** dehnt sich bei $\boldsymbol{\vartheta}$ **= 27 °C** von einem Anfangsvolumen $\boldsymbol{V_1}$ **= 0,5 l** isotherm auf das vierfache Volumen aus.

➔ Man berechne die Arbeit gegen die äußeren Kräfte! _(Lösung:_ -6 kJ_)_