

# Lösung zur Übung 6.3-1

## Wassereigenschaften

**Frage 1:** Wie schnell rennen die Wassermoleküle im Mittel durch die Gegend (bei 0 °C und 100 °C)

- Wer die [vorhergehende Aufgabe](#) gemacht hat ist natürlich besser dran

Schau' mer halt mal: In der Lösung für [Übung 5.1-1 "Mittlere thermische Energien"](#) finden wir für die Geschwindigkeit [die Formel](#):

$$\frac{1}{2}mv_x^2 = 1/120 \text{ eV}$$

- Mit der Masse von  $\text{H}_2\text{O} = (2 \cdot 1)\text{u} + 16\text{u} = 18\text{u}$  ( $\text{u} = \text{atomare Masseneinheit} = 18 \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3,06 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ . Damit erhalten wir in "Elektrotechnik Näherung"  $v_x = (1 \text{ eV}/[60 \text{ m}])^{1/2} = 3,13 \cdot 10^{12} (\text{eV/kg})^{1/2}$ .
- Mit  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  erhalten wir  $v_x = (1 \text{ eV}/[60 \text{ m}])^{1/2} = 1 \text{ 250 m/s}$
- Ein Wassermolekül ist leichter als ein "Luftmolekül", deswegen ist es im Mittel schneller.

**Frage 2:** Wie groß ist der mittlere Abstand zweier Wassermoleküle? (Die Dichte von Wasser ist 1 kg/l)

Die Masse eines Wassermoleküls ist  $18 \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3,06 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ .

- In 1 kg (oder 1 l =  $10^3 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{24} \text{ nm}^3$ ) sind demnach  $3,27 \cdot 10^{25}$  Wassermoleküle. Jedes paßt in einen Würfel der Größe  $10^{24} \text{ nm}^3 / 3,27 \cdot 10^{25} = 3,06 \cdot 10^{-2} \text{ nm}^3$ . Der mittlere Abstand entspricht der Kantenlänge dieses Würfels, also **0,313 nm**
- Die Größe eines (kugelförmig gedachten) Moleküls entnehmen wir aus dem [Bild](#) zu ziemlich genau **0,2 nm =  $10^{-8}$  cm**. Das wäre auch der geringstmögliche Abstand. Die Moleküle sitzen also schon recht dicht aufeinander.

**Frage 3:** Wie kurz muss die Belichtungszeit für ein scharfes Bild sein? Wie lange wird es im Mittel ungefähr dauern, bis zwei Moleküle kollidieren?

Na ja. Die Moleküle müssen gerade mal so um **0.1 nm** laufen, bevor sie in einen Nachbarn rennen

- Die "dielektrische Relaxationszeit"  $t_{\text{diel}}$  (so nennt man das hier) liegt also um  $t_{\text{diel}} = 0,1 \cdot 10^{-9} \text{ m} / 1 \text{ 250 m/s} = 8 \cdot 10^{-14} \text{ s} \approx 10^{-13} \text{ s}$  - was ja immer schon behauptet wurde!
- Die Belichtungszeiten für unsere "[Momentaufnahmen](#)" müssten noch kürzer sein für ein scharfes Bild wie "gemalt" - so um  $10^{-15} \text{ s} = 1\text{fs}$ . Das Symbol "f" steht für [femto =  \$10^{-15}\$](#) .
- Jetzt wissen wir auch, warum die "[Femtosekundspektroskopie](#)" in den letzten 10 Jahren sehr populär geworden ist - man kann damit solche Vorgänge zeitaufgelöst anschauen - und warum in Forschungskreisen, in denen Geld keine primäre Begrenzung ist, jetzt die [Attosekundspektroskopie](#) angefangen wird ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$