

## Physik-Übung \* Jahrgangsstufe 8

### Wir bestimmen die Größe und Masse von Molekülen bzw. Atomen

#### Der so genannte Ölfleckversuch

**Idee:** Eine geringe Menge Öl liefert auf Wasser einen sehr dünnen Ölfilm, dessen Dicke  $d$  wir möglichst genau ermitteln.

Wenn der dünne Ölfilm nur aus einer einzigen Lage von Molekülen besteht, dann entspricht diese Dicke  $d$  in etwa dem Durchmesser eines Ölmoleküls.

(Sind es mehr Schichten von Molekülen, dann wissen wir zumindest, dass der Moleküldurchmesser kleiner als diese Dicke  $d$  ist.)

Wir verwenden als Öl aus der Chemiesammlung Ölsäure  $C_{17}H_{33}COOH$ .

#### Versuchsdurchführung:

Da auch ein sehr kleiner Tropfen Öl schon einen riesigen Ölfleck bildet, verdünnen wir Öl mit Diethylether (oder als Ersatz Leichtbenzin d.h. Petroether [Pentan, Hexan, ...]) im Verhältnis 1 : 1000. Gibt man einen Tropfen mit dem Volumen  $V_{Tr}$  dieser Mischung auf eine mit Bärlappsporen bestäubte Wasseroberfläche, so verflüchtigt sich das Leichtbenzin und es bleibt ein deutlich sichtbarer, relativ kleiner (kreisförmiger) Ölfleck zurück, dessen Flächeninhalt  $A$  wir ermitteln.

Aus dem Tropfenvolumen  $V_{Tr}$ , dem Mischungsverhältnis und der Fläche  $A$  bestimmen wir die Dicke  $d$  der Ölschicht.

- 1) Überlege, wie man ohne großen Materialverbrauch einige  $cm^3$  der Mischung Öl und Leichtbenzin im Mischungsverhältnis 1 : 1000 herstellen kann.
- 2) Mit einer feinen Pipette kann man sehr kleine Tropfen dieser Mischung erzeugen. Überlege, wie man das Volumen eines Tropfens dieser Lösung möglichst genau ermittelt.
- 3) Überlege, wie man mit den ermittelten Werten für  $V_{Tr}$  und der Ölfleckfläche  $A$  die Dicke  $d$  des Ölflecks berechnen kann.  
Welchen Durchmesser hat ein Ölsäuremolekül als etwa?
- 4) Welches Volumen hat ein Ölmolekül?  
Nimm das Ölmolekül für die Rechnung zunächst würfelförmig an.
- 5) Welches durchschnittliche Volumen hat damit ein Atom?  
Wie groß ist in etwa der Durchmesser bzw. Radius eines durchschnittlichen Atoms?
- 6) Welche Masse hat ein Ölmolekül, wenn die Dichte von Ölsäure  $0,90 \text{ g/cm}^3$  beträgt?
- 7) Wie groß ist die Anzahl der Ölmoleküle in einem Liter Ölsäure?

#### Messungen und Auswertung:

1 $cm^3$ der Mischung liefert $N$ Tropfen	$N_T$	=
1 Tropfen enthält das Ölvolumen $V_{\text{Ö}}$	$V_{\text{Ö}}$	=
Radius $r$ des kreisförmigen Flecks	$r$	=
Fläche $A$ des Flecks	$A$	=
Dicke $d$ des Ölflecks	$d$	=
Volumen eines Ölmoleküls	$V_{\text{Ölmolekül}}$	$\approx$
Durchschnittliches Volumen eines Atoms	$V_{\text{Atom}}$	$\approx$
Durchschnittlicher Atomradius	$r_{\text{Atom}}$	$\approx$
Masse eines Ölmoleküls	$m_{\text{Ölmolekül}}$	$\approx$
Anzahl der Ölmoleküle in einem Liter Ölsäure	$N$	$\approx$

**Merke dir:**

Der **Atomradius** beträgt etwa

$$r_{\text{Atom}} \approx 10^{-10} \text{ m}$$

Der **Kernradius** ist nochmals wesentlich kleiner:

$$r_{\text{Kern}} \approx 10^{-15} \text{ m}$$

**Die Masse von Atomen**

Ein Wasserstoffatom hat im Kern nur genau ein Proton,  
ein Kohlenstoffatom hat im Kern 6 Protonen und 6 Neutronen,  
ein Sauerstoffatom hat im Kern 8 Protonen und 8 Neutronen,  
ein Eisenatom hat im Kern 26 Protonen und 30 Neutronen.

Erkläre, warum ein Eisenatom etwa 56-mal und ein Kohlenstoffatom etwa 12-mal so schwer wie ein Wasserstoffatom ist.

Erkläre, warum sich in 56g Eisen und in 18g Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und in 44g Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) die gleiche Anzahl an Teilchen (Atomen bzw. Molekülen) befindet.

Diese Teilchenzahl  $N_A$  nennt man auch Avogadrokonstante oder Loschmidtsche Zahl.

Es gilt:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$

Festlegung der so genannten atomaren Masseneinheit  $u$ :

Die atomare Masseneinheit  $u$  ist exakt  $\frac{1}{12}$  der Masse eines  $\text{C}^{12}$ -Atoms.

Es gilt:  $u = 1,66054 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

und in 12g Kohlenstoff 12 befinden sich damit  $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}$  Atome.

**Aufgabe 1:**

Welcher Wert ergibt sich für die Loschmidtsche Zahl aus deinem Versuch?

**Aufgabe 2:**

Wie viele Wassermoleküle befinden sich in einem Liter Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ?

Wie viele Moleküle befinden sich in einem Liter reinem Alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ?

Wie viele Moleküle befinden sich in einem Liter Ölsäure ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ) ?

Angaben:

Dichte von Wasser:  $1,0 \text{ g/cm}^3$

Dichte von Alkohol:  $0,79 \text{ g/cm}^3$

Dichte von Ölsäure:  $0,90 \text{ g/cm}^3$

**Physik-Übung \* Jahrgangsstufe 8 \* Ölfleckversuch**  
**Auswertung einer Messung:**

1 cm <sup>3</sup> der Mischung liefert N Tropfen	$N_T = 95$
1 Tropfen enthält das Ölvolumen $V_{\text{Ö}}$	$V_{\text{Ö}} = \frac{1\text{cm}^3}{95 \cdot 1000} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$
Radius r des kreisförmigen Flecks	$r = 8\text{cm}$
Fläche A des Flecks	$A = r^2 \cdot \pi = 2,0 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$
Dicke d des Ölflecks	$d = \frac{V_{\text{Ö}}}{A} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
Volumen eines Ölmoleküls	$V_{\text{Ölmolekül}} \approx d^3 = 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$
Durchschnittliches Volumen eines Atoms	$V_{\text{Atom}} \approx \frac{V_{\text{Ölmolekül}}}{54} = 2,8 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3$

Für den durchschnittlicher Atomradius  $r_{\text{Atom}}$  gilt:

$$(2r_{\text{Atom}})^3 \approx V_{\text{Atom}} \Rightarrow r_{\text{Atom}} \approx \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{2,8 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3} = 7,0 \cdot 10^{-9} \text{ cm} \approx 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{Masse eines Ölmoleküls } m_{\text{Ölmolekül}} = \rho_{\text{Öl}} \cdot V_{\text{Ölmolekül}} \approx 0,90 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3 = 1,4 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

Anzahl N der Ölmoleküle in einem Liter Ölsäure

$$N = \frac{1\text{dm}^3}{V_{\text{Ölmolekül}}} = \frac{1000\text{cm}^3}{1,5 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3} = 6,7 \cdot 10^{24}$$

**Aufgabe 1**

1 Mol Ölsäure hat die Masse  $18 \cdot 12\text{g} + 34 \cdot 1\text{g} + 2 \cdot 16\text{g} = 282\text{g}$

1 Mol Ölsäure enthält damit bei uns  $\frac{282\text{g}}{1,4 \cdot 10^{-22} \text{ g}} = 2,0 \cdot 10^{24}$  Ölmoleküle.

Die Loschmidtsche Zahl unseres Versuchs ist damit etwa 3-mal so groß wie der korrekte Wert von  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ .

**Aufgabe 2:**

Ein Mol Wasser hat die Masse 18g, in einem Liter Wasser sind damit  $\frac{1000\text{g}}{18\text{g}} = 55,6 \text{ Mol}$ .

Ein Liter Wasser enthält also  $55,6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,35 \cdot 10^{25}$  Moleküle.

Ein Liter Alkohol hat die Masse  $0,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1000\text{cm}^3 = 790\text{g}$ .

Ein Mol Alkohol hat die Masse 46g, in einem Liter Wasser sind damit  $\frac{790\text{g}}{46\text{g}} = 17,2 \text{ Mol}$ .

Ein Liter Alkohol enthält also  $17,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,04 \cdot 10^{25}$  Moleküle.

Ein Liter Ölsäure hat die Masse  $0,90 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1000\text{cm}^3 = 900\text{g}$ .

Ein Mol Ölsäure hat die Masse 282g, in einem Liter Wasser sind damit  $\frac{900\text{g}}{282\text{g}} = 3,19 \text{ Mol}$ .

Ein Liter Ölsäure enthält also  $3,19 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,92 \cdot 10^{24}$  Moleküle.

Hinweise:

- Drei Reagenzgläser mit Markierung bei  $2,0\text{cm}^3$  und  $22\text{cm}^3$  verwenden
- Glaskolben mit dichtem Verschluss für die Lösung bereitstellen
- Lange Pipetten verwenden, um Ölsäure und Mischungen nicht am Reagenzglasrand nach unten laufen zu lassen
- Einmalhandschuhe beim Schütteln verwenden
- Hautkontakt mit Leichtbenzin vermeiden
- Einatmen von Diethylether bzw. Leichtbenzin vermeiden