

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_{Atom}	\approx
Durchschnittlicher Atomradius	r_{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 (H_2O) und in 44g Kohlendioxid (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 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 (H_2O) ?

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 ³ 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_{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 $\frac{1000\text{g}}{18\text{g}} = 55,6$ 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 $\frac{790\text{g}}{46\text{g}} = 17,2$ 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 $\frac{900\text{g}}{282\text{g}} = 3,19$ 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 2,0cm³ und 22cm³ 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