

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 Leichtbenzin 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 .

- 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?

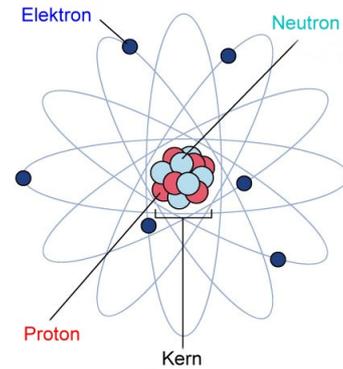
Messungen und Auswertung:

1 cm^3 der Mischung liefert N Tropfen	N_{Tr}	=
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

Aufbau der Atome

Das Atom besteht aus dem Atomkern und der Elektronenhülle.

Der Atomkern setzt sich aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen zusammen. In der Hülle umkreisen negativ geladene Elektronen den Kern. Die Anzahl der Elektronen in der Hülle entspricht dabei der Anzahl der Protonen im Kern. (Warum ist das so?)



Ein Proton und ein Neutron sind etwa gleichschwer. Diese beiden Bausteine des Kerns nennt man auch Nukleonen. (Nukleus = Kern). Das Elektron in der Hülle dagegen hat nur etwa $1 / 2000$ der Masse eines Nukleons.

Die nahezu gesamte Masse des Atoms befindet sich daher im Kern.

Merke dir:

Der **Atomradius** beträgt etwa

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

Der **Kernradius** ist nochmals wesentlich kleiner:

$$r_{\text{Kern}} \approx 10^{-15} \text{ m bis } 10^{-14} \text{ m}$$

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.

Merke: Die Einheit Mol gibt eine Teilchenzahl an. 1 Mol entspricht genau der Anzahl der Atome in 12,0 Gramm Kohlenstoff 12 (das ist Kohlenstoff mit 6 Protonen und 6 Neutronen im Kern).

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, wie in 12g Kohlenstoff.

Diese Teilchenzahl N_A , die genau in einem Mol eines Stoffes enthalten ist, nennt man auch Avogadrokonstante oder Loschmidtsche Zahl.

$$\text{Es gilt: } N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$$

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

Messungen und Auswertung:

1 cm ³ der Mischung liefert N Tropfen	$N_T = 60$
1 Tropfen enthält das Ölvolumen $V_{\text{ö}}$	$V_{\text{ö}} = \frac{1\text{cm}^3}{60 \cdot 1000} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$
Radius r des kreisförmigen Flecks	$r = 10\text{cm}$
Fläche A des Flecks	$A = r^2 \cdot \pi = 314\text{cm}^2$
Dicke d des Ölflecks	$d = \frac{V_{\text{öl}}}{A} = 5,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Volumen eines Ölmoleküls	$V_{\text{Ölmolekül}} \approx d^3 = 1,6 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$
Durchschnittliches Volumen eines Atoms	$V_{\text{Atom}} \approx \frac{V_{\text{Ölmolekül}}}{54} = 3,0 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$
Durchschnittlicher Atomradius	$r_{\text{Atom}} \approx 0,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Masse eines Ölmoleküls	$m_{\text{Ölmolekül}} \approx 1,4 \cdot 10^{-22} \text{ g}$
Anzahl der Ölmoleküle in einem Liter Ölsäure	$N \approx 6,4 \cdot 10^{24}$

Nebenrechnungen:

$$\frac{V_{\text{öl}}}{A} = \frac{1,7 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3}{314 \text{ cm}^2} = 5,4 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 5,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$d^3 = (5,4 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 = 1,6 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Atom}} = \frac{V_{\text{Ölmolekül}}}{54} = \frac{1,6 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3}{54} = 3,0 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

$$\text{Aus } (2 \cdot r_{\text{Atom}})^3 \approx V_{\text{Atom}} \Rightarrow 2 \cdot r_{\text{Atom}} = \sqrt[3]{V_{\text{Atom}}} = \sqrt[3]{3,0 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3} = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow r_{\text{Atom}} \approx 0,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$m_{\text{Ölmolekül}} = \rho_{\text{öl}} \cdot V_{\text{Ölmolekül}} \approx \frac{0,90 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3 = \frac{0,90 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3 = 1,4 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

$$1 \text{ Liter Ölsäure} \hat{=} 900 \text{ g} \hat{=} \frac{900 \text{ g}}{1,4 \cdot 10^{-22} \text{ g}} = 6,4 \cdot 10^{24}$$

$$\text{Aufgabe 1: } 1 \text{ Liter Ölsäure} \hat{=} 900 \text{ g} \hat{=} \frac{900 \text{ g}}{282 \text{ g}} \text{ Mol} = 3,2 \text{ Mol} \Rightarrow$$

$$1 \text{ Mol enthält nach unserem Versuchsergebnis etwa } \frac{6,4 \cdot 10^{24}}{3,2} = 2 \cdot 10^{24} \text{ Teilchen.}$$

Aufgabe 2:

$$1 \text{ Liter Wasser} \hat{=} 1,0 \text{ kg} \hat{=} \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g}} \text{ Mol} = 56 \text{ Mol} \hat{=} 56 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} = 3,4 \cdot 10^{25} \text{ Teilchen.}$$

$$1 \text{ Liter Alkohol} \hat{=} 790 \text{ g} \hat{=} \frac{790 \text{ g}}{46 \text{ g}} \text{ Mol} = 17 \text{ Mol} \hat{=} 17 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} = 1,0 \cdot 10^{25} \text{ Teilchen.}$$

$$1 \text{ Liter Ölsäure} = 1 \text{ Liter } \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} \hat{=} 900 \text{ g} \hat{=} \frac{900 \text{ g}}{282 \text{ g}} \text{ Mol} = 3,2 \text{ Mol} \hat{=} \\ \hat{=} 3,2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} = 1,9 \cdot 10^{24} \text{ Teilchen.}$$