

Liceo-Ginnasio "B. Russell" di Roma

Relazione di fisica

Esperimento n°6

TITOLO:

Misurazione indiretta dello spessore, della massa, del volume di una molecola, del numero di molecole per cm³ (numero di Loschmidt) e del numero di molecole per mole (numero di Avogadro) mediante il metodo della goccia di acido oleico.

SOTTOTITOLO:

Stima delle dimensioni di uno strato mono-molecolare di acido oleico distribuito uniformemente sulla superficie d'acqua contenuta in una bacinella.

OBIETTIVI:

L'esperimento si pone come obiettivo quello di misurare cinque grandezze fisiche relative a proprietà microscopiche:

- Misurare indirettamente il diametro di una molecola considerata di forma sferica ;
- Misurare indirettamente la massa della stessa molecola;
- Misurare indirettamente il volume della medesima molecola;
- Misurare indirettamente il numero di molecole per cm³, chiamato numero di Loschmidt;
- Misurare indirettamente il numero di molecole presenti in una mole o numero di Avogadro;

L'esperimento si pone come obiettivi quelli sopra elencati. Per conseguirli occorre seguire un itinerario concettuale che prevede una schematizzazione della realtà (o rappresentazione astratta), mediante l'utilizzo di un modello fisico-matematico che ci possa aiutare ad effettuare l'esperimento e le conseguenti misure. Per questa ragione l'esperimento verrà suddiviso in due fasi:

- La prima prevede l'utilizzo di un modello concreto-operazionale per la rappresentazione semplificata di diverse situazioni complesse relative alla difficoltà di concettualizzare la realtà microscopica indagata.
- La seconda, invece, prevede l'applicazione pratica della semplificazione modellistica precedente applicati direttamente alla realtà microscopica.

PREMESSA:

Il quadro teorico in cui si colloca l'esperimento relativo alla stima delle dimensioni di una sottilissima pellicola di acido oleico sull'acqua e il relativo quadro sperimentale che lo accompagna presenta un aspetto di carattere generale che è necessario puntualizzare, non foss'altro perché esso rappresenta una non secondaria questione di metodo che noi abbiamo preso in considerazione nell'affrontare misure di grandezze molto piccole.

Com'è noto, l'indagine dei fenomeni naturali a livello microscopico non può essere realizzata soltanto aprendo una finestra sugli aspetti microscopici e utilizzando un apparecchio sostitutivo dei nostri occhi. No. La questione non si risolve così. Qui non si tratta di prendere un microscopio ottico e contare il numero di tacche presenti sulla scala graduata dello strumento. Fare una osservazione di una cellula con il microscopio è indubbiamente utile per i nostri scopi. Per esempio osservando una foglia di tiglio, si possono trarre tante possibili conclusioni sui limiti di tale strumento in ordine agli ordini di grandezza degli oggetti osservati. Diventa necessario allora il problema di utilizzare metodi indiretti di misura per superare il limite imposto dall'osservazione diretta: da un ordine di grandezza di 10^{-1} mm (dimensione di una cellula vegetale) a un ordine di grandezza di 10^{-6} mm (dimensione di una molecola di acido oleico). Il nostro problema riguarda la realizzazione di una serie di misurazioni indirette che implicano, a partire dalle misure di grandezze macroscopiche, possiamo fare previsioni quantitative su grandezze microscopiche, sfruttando proprietà già note e procedendo per via logico-concettuale e fisico-matematica. Abbiamo scelto l'acido oleico perchè ha la caratteristica di espandersi sull'acqua in film sottili, monomolecolare, che noi consideriamo per ipotesi possibile. Il procedimento che abbiamo messo in pratica riguarda il fatto che c'è una proprietà matematica attraverso la quale se abbiamo un volume V di una data sostanza liquida che riduco a una pellicola molto sottile di area $S=a \cdot b$, lo spessore di tale pellicola è determinabile come rapporto tra il volume della sostanza e l'area della pellicola mediante la formula $d = V/S$.

1^a FASE:

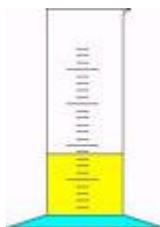
Misurazione indiretta di alcune grandezze fisiche di un modello di molecola rappresentato da un pallino di piombo.

STRUMENTI E MATERIALI ADOPERATI PER REALIZZARE L'ESPERIMENTO:

- Una quantità di pallini di piombo misurata in cm^3 ;



- Un cilindretto graduato ($S=0,1 \text{ cm}^3$; $P=10,0 \text{ cm}^3$) ;



- Quattro doppi decimetri ($S=0,05 \text{ cm}$; $P=15,00 \text{ cm}$) ;

– Un micrometro (S=0,01mm; P=25mm) ;



TABELLA N° 1

Tabella dei dati relativi alle misurazioni diretta del volume che la quantità di pallini di piombo occupa all'interno di un cilindretto, e di quella indiretta della superficie che essi occupano su un piano delimitato da un rettangolo.

N	V (cm ³) ± 0,1	a (cm) ± 0,1	b (cm) ± 0,1	S (cm ²)	h (cm)	NOTE
1	3,7	3,0	4,0	12	0,31	a = base del rettangolo che ha come lati i 4 righelli b = altezza del rettangolo che ha come lati i 4 righelli

I pallini di piombo vengono sistemati sulla superficie di un tavolo di laboratorio, accuratamente ordinati, come su un reticolo regolare e uniforme, a un solo strato (monopallinare) in modo tale da simulare una distribuzione ordinata di molecole. La distribuzione ordinata di pallini di piombo viene realizzata accostando quattro righe di legno posti sul tavolo come i lati di un rettangolo di lati a e b. La figura sotto rappresentata simula una distribuzione di pallini sul tavolo secondo questo schema.



CALCOLI:

$$S = b \cdot a = 4,0 \cdot 3,0 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$$

$$h = V/S = 3,7 / 12 = 0,31 \text{ cm}$$

INDIVIDUAZIONE E CALCOLO DEGLI ERRORI:

Le incertezze assolute della superficie S dello “strato monopallinare” di pallini e del loro spessore h seguono la formulazione del II° teorema della propagazione degli errori che afferma che “le incertezze relative sul prodotto o sul quoziente si sommano”.

$$DS = (Da/a + Db/b) S = (0,1/3,0 + 0,1/4,0) 12 = 0,6 \text{ cm}^2$$

$$e_r = DS/S = 0,6/12 = 0,05$$

$$e\% = DS/S \times 100 = 0,05 \cdot 100 = 5\%$$

$$Dh = (DV/V + DS/S) h = (0,1/3,7 + 0,6/12) 0,31 = 0,02 \text{ cm}$$

$$e_r = Dh/h = 0,02/0,31 = 0,06$$

$$e\% = Dh/h \times 100 = 0,06 \cdot 100 = 6\%$$

<p>Risultato: $S = (12,0 \pm 0,6) \text{ cm}^2$</p>

<p>Risultato: $h = (0,31 \pm 0,02) \text{ cm}$</p>
--

TABELLA N° 2

Tabella dei dati relativi alla misurazione indiretta del volume di un pallino di piombo, alla sua massa, al suo spessore misurati direttamente attraverso l'uso di un micrometro e del numero di pallini che occupano un volume all'interno del cilindretto

N	V_{o1} (cm³)	V_{o2} (cm³)	h₁ (mm) ± 0,01	m (g)	n_o (p)	r (g/cm³)	NOTE
1	0,02	0,03	3,00	0,2	185	11,4	V_{o1} = volume di una molecola di forma sferica; V_{o2} = volume di una molecola di forma cubica; n_o = numero di pallini iniziali nel cilindro; h₁ = altezza di un pallino misurata con il micrometro.

CALCOLI:

Abbiamo calcolato due volumi, V_{o1} e V_{o2}, in quanto abbiamo ritenuto opportuno ipotizzare che la molecola da noi presa in considerazione (ipotesi) potesse avere una forma sferica (V_{o1}) e una cubica (V_{o2}).

$$V_{o1} = \frac{4}{3} \pi (h/2)^3 = \frac{4}{3} \pi (0,31/2)^3 = 0,020 \text{ cm}^3$$

$$V_{o2} = (h)^3 = (0,31)^3 = 0,03 \text{ cm}^3$$

$$m = r \times V = 11,4 (0,020) = 0,2 \text{ g}$$

$$n_o = V/V_{o1} = 3,7/0,020 = 185 \text{ pallini}$$

$$? n_o = (?V/V + ?V_{o1}/V_{o1}) n_o = (0,1/3,7 + 0,001/0,020) 185 = 13 \sim 10 \text{ pallini}$$

INDIVIDUAZIONE E CALCOLO DEGLI ERRORI:

Le incertezze assolute dei volumi seguono la formula del II° teorema della propagazione degli errori che afferma che "le incertezze relative sul prodotto o sul quoziente si sommano".

$$DV_{o1} = (Dh/h + Dh/h + Dh/h) V_{o1} = (0,02/0,31 + 0,02/0,31 + 0,02/0,31) 0,02 = 0,004 \text{ cm}^3$$

$$e_r = DV_{o1}/V_{o1} = 0,004/0,02 = 0,2$$

$$e\% = DV_{o1}/V_{o1} \times 100 = 0,2 \cdot 100 = 20 \%$$

$$DV_{o2} = (Dh/h + Dh/h + Dh/h) V_{o2} = (0,02/0,31 + 0,02/0,31 + 0,02/0,31) 0,03 = 0,005 \text{ cm}^3$$

$$e_r = DV_{o2}/V_{o2} = 0,005/0,03 = 0,2$$

$$e\% = DV_{o2}/V_{o2} \times 100 = 20\%$$

$$Dm = (DV_{o1}/V_{o1})m = (0,004/0,020) 0,2 = 0,004g$$

$$e_r = Dm/m = 0,004/ 0,2 = 0,02$$

$$e_{\%} = Dm/m \times 100 = 0,02 \times 100 = 2\%$$

I valori segnalati in rosso, evidenziano la presenza di una forte incertezza, che purtroppo, malgrado i miei innumerevoli sforzi, non sono riuscita a ridurre.

Risultato:
 $V_{O1} = (0,020 \pm 0,004) \text{ cm}^3$

Risultato:
 $V_{O2} = (0,030 \pm 0,005) \text{ cm}^3$

Risultato:
 $m = (0,200 \pm 0,004) \text{ g}$

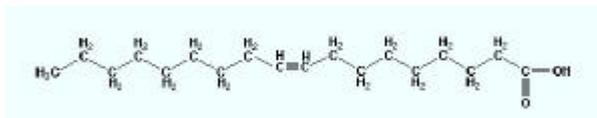
Risultato:
 $no = (19 \pm 1) 10 \text{ pallini}$

2^a FASE:

Misurazione indiretta di sei grandezze fisiche di una molecola di acido oleico

STRUMENTI E MATERIALI ADOPERATI PER CONSEGUIRE L'ESPERIMENTO:

- Una piccola quantità di acido oleico (0,2 cm³)
-



- Alcool etilico (9,8cm³)



- Polvere di lycopodio



- Vaschetta



- 4 Righe millimetriche ($S=0,1\text{cm}$; $P=30\text{cm}$)



- Cilindro graduato ($S=0,1\text{cm}^3$; $P=10\text{cm}^3$)



- Pipetta ($S=0,001\text{cm}^3$; $P=25\text{cm}^3$)



TABELLA N° 3

Tabella dei dati relativi a varie misurazioni microscopiche effettuate su una molecola di acido oleico, per raggiungere

N	N ₁ (gocce/cm ³) ±1	V ₁ (cm ³)	V ₂ (cm ³)	d (cm) ±0,3	S (cm ²)	h (cm)
1	82	0,01	0,2×10⁻⁴	14,0	153,86	0,1×10⁻⁶

V ₃ (cm ³)	r (g/cm ³) ±0,001	m (g)	N ₂ (molecole/ cm ³)	M (g)	V ₄ (cm ³)	N ₃ (molecole /mol)
0,5×10⁻²¹	0,891	0,5×10⁻²¹	2×10²¹	282	251,3	5×10²³

NOTE:

- N₁ = numero di gocce di acido oleico contenute in un cm³ di acqua**
- V₁ = volume di una goccia di acido oleico**
- V₂ = volume dell'acido oleico ottenuto in una goccia si soluzione al 2 ×1000**
- d = diametro o spessore di una goccia di acido oleico**
- S = superficie di una goccia di acido oleico, di uno strato monomolecolare**
- h = altezza di una molecola di acido oleico**
- V₃ = volume di una molecola di acido oleico**
- r = densità assoluta dell'acido oleico**
- m = massa di una molecola di acido oleico**
- N₂ = numero di Loschmidt**
- M = massa molecolare**
- V₄ = volume di una mole**
- N₃ = numero di Avogadro**

CALCOLI:

$$V_1 = 1 \text{ cm}^3 / N_1 = 1/82 = 0,01 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = (V_1/1000)^2 = (0,01/1000)^2 = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$$

$$S = \pi (d/2)^2 = 3,14(49) = 153,86 \text{ cm}^2$$

$$h = V_2/S = 0,00002/153,86 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$$

$$V_3 = 4/3 \pi (h/2)^3 = 4/3 \pi (0,1 \cdot 10^{-6}/2)^3 = 0,5 \cdot 10^{-21} \text{ cm}^3$$

$$m = (r \times V_3) = 0,891(0,5 \cdot 10^{-21}) = 0,5 \cdot 10^{-21} \text{ g}$$

$$N_2 = 1 \text{ cm}^3 / V_3 = 1/0,5 \cdot 10^{-21} = 2 \cdot 10^{21} \text{ molecole/cm}^3$$

Per calcolare M, abbiamo utilizzato la formula: $C_{18}H_{34}O_2$:

$$M = (18 \cdot 12) + (34 \cdot 1) + (2 \cdot 16) = 282 \text{ g}$$

$$V_4 = r \times M = 0,891 \cdot 282 = 251,3 \text{ cm}^3$$

$$N_3 = V_4 / V_3 = 251,3 / 0,5 \cdot 10^{-21} = 5 \cdot 10^{23} \text{ molecole/mol}$$

INDIVIDUAZIONE E CALCOLO DEGLI ERRORI:

$$DV_1 = (DN_1/N_1) V_1 = (1/82) 0,01 = 0,0001 \text{ cm}^3$$

$$e_r = DV_1/V_1 = 0,0001/0,010 = 0,01$$

$$e\% = DV_1/V_1 \times 100 = 0,01 \cdot 100 = 1\%$$

$$DV_2 = (DV_1/V_1) V_2 = (0,0001/0,010) 0,2 \cdot 10^{-4} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3$$

$$e_r = DV_2/V_2 = 0,2 \cdot 10^{-6} / 0,2 \cdot 10^{-4} = 0,01$$

$$e\% = DV_2/V_2 \times 100 = 0,01 \cdot 100 = 1\%$$

$$DS = (Dr/r + Dr/r) S = (0,1/7,0 + 0,1/7,0) 153,86 = 4 \text{ cm}^2$$

$$e_r = DS/S = 4/154 = 0,02$$

$$e\% = DS/S \times 100 = 0,02 \cdot 100 = 2\%$$

$$*r = d/2 \\ Dr = Dd/2$$

$$Dh = (DV_2/V_2 + DS/S) h = (0,2 \cdot 10^{-6} / 0,2 \cdot 10^{-4} + 3/154) 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

$$e_r = Dh/h = 0,3 \cdot 10^{-8} / 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,03$$

$$e\% = Dh/h \times 100 = 0,03 \cdot 100 = 3\%$$

$$DV_3 = (Dr_2/r_2 + Dr_2/r_2 + Dr_2/r_2) V_3 = [(0,5 \cdot 10^{-8} / 0,5 \cdot 10^{-7}) 3] 0,5 \cdot 10^{-21} = 0,2 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$$

$$*r_2 = h/2$$

$$Dr_2 = Dh/2$$

$$e_r = DV_3/V_3 = 0,2 \cdot 10^{-22} / 0,5 \cdot 10^{-21} = 0,04$$

$$e\% = DV_3/V_3 \times 100 = 0,04 \cdot 100 = 4\%$$

$$Dm = (DV_3/V_3 + Dr/r) m = (0,2 \cdot 10^{-22} / 0,5 \cdot 10^{-21} + 0,001/0,891) 0,5 \cdot 10^{-21} = 0,2 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

$$e_r = Dm/m = 0,2 \cdot 10^{-22} / 0,5 \cdot 10^{-21} = 0,04$$

$$e\% = Dm/m \times 100 = 0,04 \cdot 100 = 4\%$$

$$DN_2 = (DV_3/V_3) N_2 = (0,2 \cdot 10^{-22} / 0,5 \cdot 10^{-21}) 2 \cdot 10^{21} = 8 \cdot 10^{19} \text{ molecole/cm}^3$$

$$e_r = DN_2/N_2 = 8 \cdot 10^{19} / 2 \cdot 10^{21} = 0,04$$

$$e\% = DN_2/N_2 \times 100 = 0,04 \cdot 100 = 4\%$$

$$DM = \dot{a} Dpa = (1+1+1) = 3\text{g}$$

$$e_r = DM/M = 3/282 = 0,01$$

$$e\% = DM/M \times 100 = 0,01 \cdot 100 = 1\%$$

$$DV_4 = (Dr/r + DM/M) V_4 = (0,001/0,891 + 3/282) 251,3 = 3\text{cm}^3$$

$$e_r = DV_4/V_4 = 3/251 = 0,01$$

$$e\% = DV_4/V_4 \times 100 = 0,01 \cdot 100 = 1\%$$

$$DN_3 = (DV_4/V_4 + DV_3/V_3) N_3 = (3/251 + 0,2 \cdot 10^{-22} / 0,5 \cdot 10^{-21}) 5 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{22} \text{ molecole/mol}$$

$$e_r = DN_3/N_3 = 3 \cdot 10^{22} / 5 \cdot 10^{23} = 0,06$$

$$e\% = DN_3/N_3 \times 100 = 0,06 \cdot 100 = 6\%$$

Risultato:
 $N_1 = (82 \pm 1) \text{ gocce/cm}^3$

Risultato:
 $V_1 = (1,00 \pm 0,01) 10^{-2} \text{ cm}^3$

Risultato:
 $V_2 = (2,00 \pm 0,02) 10^{-5} \text{ cm}^3$

Risultato:
 $d = (14,0 \pm 0,3) \text{ cm}$

Risultato:
 $S = (154 \pm 4) \text{ cm}^2$

Risultato:
 $h = (1,00 \pm 0,03) 10^{-7} \text{ cm}$

Risultato:
 $V_3 = (5,0 \pm 0,2) 10^{-22} \text{ cm}^3$

Risultato:
 $r = (0,891 \pm 0,001) \text{ g/cm}^3$

Risultato:
 $m = (5,0 \pm 0,2) 10^{-22} \text{ g}$

Risultato:
 $N_2 = (0,2000 \pm 0,0008) 10^{22} \text{ molecole/cm}^3$

Risultato:
 $M = (282 \pm 3) \text{ g}$

Risultato:
 $V_4 = (251 \pm 3) \text{ cm}^3$

Risultato:
 $N_3 = (5,0 \pm 0,3) 10^{23} \text{ molecole/mol}$

RELAZIONE:

L'esperimento, molto complesso nel suo insieme, costituisce forse una delle prove sperimentali più difficili che abbiamo svolto nel laboratorio di fisica durante il corso di quest'anno. Richiede, infatti, una grande precisione nell'esecuzione e per l'efficacia del lavoro svolto deve seguire un itinerario concettuale prestabilito, ben preciso, che prevede in primo luogo l'utilizzo di un modello di

molecola, ossia di un campione che rappresenti una realtà astratta, in modo da semplificare e schematizzare la realtà concreta che si sta analizzando. L'obiettivo principale non è tanto quello di misurare grandezze microscopiche, con maggiore o minore precisione, quanto quello di capire quale sia la struttura della materia, e se si possa giustificare, con procedimento rigorosamente scientifico, se essa sia o meno granulare (formato da un insieme numerosissimo di atomi e molecole). Questo punto, infatti, è stato uno dei tanti che la scienza antica cercò di sviluppare. Già Democrito e il suo insegnante Leucippo, avevano ipotizzato che tutti i corpi fossero formati da particelle non visibili ad occhio nudo e indivisibili (ipotesi atomistica). Eppure questa ipotesi fu abbandonata per poi essere ripresa e ulteriormente modificata da Lavoisier, Dalton e Avogadro intorno alla fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo, in un contesto storico, politico e culturale diverso e sicuramente più evoluto sul piano scientifico da quello greco (grazie allo sviluppo della scienza galileiana).

Per raggiungere questo scopo nel modo più preciso possibile abbiamo preferito suddividere l'esperimento in due fasi: nella prima si sono effettuate tutte le misurazioni e i calcoli necessari su un modello di molecola di tipo sferico, mentre nella seconda fase si sono effettuate le misurazioni direttamente con il liquido contenente le molecole stesse. Ad ogni modo, anche in questa seconda fase, le misurazioni sono state quasi tutte indirette poiché si tratta principalmente di calcoli nei quali vengono applicate formule matematiche. Adesso andiamo ad analizzare rispettivamente le due fasi.

1^a FASE:

Questa prima fase è semplicemente una fase preparatoria, per cui, anche gli strumenti e i materiali utilizzati saranno diversi rispetto a quelli utilizzati successivamente. In primo luogo, occorre utilizzare un cilindro graduato che serve a misurare la quantità di pallini di piombo che andremo ad utilizzare per calcolare il volume di ogni rispettivo pallino. I pallini di piombo rappresentano il modello di molecola di acido oleico che verrà presa in considerazione nella seconda fase. Prima di ottenere il valore del volume occupato dai pallini di piombo all'interno del cilindro, occorre misurare direttamente, attraverso l'uso di uno strumento chiamato micrometro, il diametro (o spessore) di un pallino di piombo. Il micrometro è uno strumento, simile al calibro a corsoio, che misura le grandezze microscopiche; la sua scala corrisponde a 1/100 di mm. Una volta aver misurato questo valore occorre ottenere il volume occupato dai pallini di piombo nel cilindretto. Questo servirà per effettuare altri calcoli in seguito. Le due misurazioni successive sono relative ai lati di un rettangolo costruito grazie all'utilizzo di quattro doppi decimetri, posti in modo da risultarne le due dimensioni (i quattro lati). Poi bisognerà, porvi all'interno tutti i pallini, l'uno vicino all'altro, in modo che non siano presenti altri spazi, oltre quelli interstiziali e in modo che alcun pallino si sovrapponga. Una volta aver disposto tutti i pallini e aver misurato direttamente due lati del rettangolo costruito, si potrà calcolare la superficie del rettangolo attraverso la formula matematica ($S = b \cdot h$, dove b e nel nostro caso "a", sono i lati del rettangolo). Grazie ai valori della superficie e del volume iniziale di pallini presenti nel cilindro, si può calcolare l'altezza dello strato di pallini di piombo che corrisponde allo spessore di ogni singolo pallino di piombo; infatti basta dividere il volume per la superficie e trovare così l'altezza. A questo punto non resta che calcolare il volume e la massa di ogni singolo pallino e il numero totale di pallini iniziali. Per fare ciò, bisogna fare una premessa: poiché il calcolo del volume di ogni singolo pallino e il numero di pallini totali richiedono l'utilizzo di una divisione, bisogna specificare che per svolgere l'esperimento, siamo partiti dal presupposto che tutti i pallini siano uguali e abbiano cioè una stessa massa e uno stesso volume.

Per calcolare il volume di ogni singolo pallino, bisogna dividere il volume totale per il volume di ogni pallino: il numero ottenuto sarà quello dei pallini che inizialmente abbiamo messo all'interno del cilindretto. Per calcolare, invece, la massa di un pallino bisogna effettuare un prodotto far la densità assoluta del piombo, che corrisponde a $11,4 \text{ g/cm}^3$, e il volume di un pallino. A questo

punto manca solo il numero di pallini iniziali, ma l'operazione sarà altrettanto facile, poiché bisogna dividere il volume che tutti i pallini occupano, con il volume occupato da un solo pallino; il risultato sarà il numero di pallini. Per calcolare le incertezze assolute basta applicare il II teorema di propagazione degli errori che afferma che "le incertezze relative sul prodotto o sul quoziente si sommano".

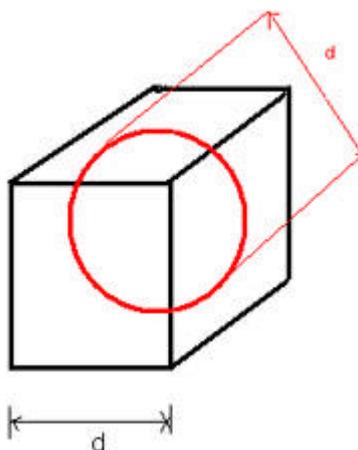
Di quanto ci si discosta nel considerare sferica una molecola che potrebbe essere cubica? Questa è la domanda che ci siamo posti in laboratorio durante l'esperimento. Incuriositi dal possibile cambiamento del risultato abbiamo effettuato qualche riflessione critica in merito al possibile scostamento dei dati. Ecco il ragionamento che abbiamo fatto per determinare l'incertezza percentuale. Supponiamo di avere due possibili modelli molecolari: una sfera di diametro d e un cubo di lato d .

$$V_{sf} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3$$

$$V_{cb} = d^3$$

$$?V = V_{cb} - V_{sf} = d^3 - \frac{4}{3} \pi \frac{d^3}{8} = d^3 \left(1 - \frac{\pi}{6}\right) = d^3 \frac{6 - \pi}{6} \sim \frac{1}{2} d^3$$

Dunque ci si attende che la scelta della forma sferica della molecola di acido oleico (come per il pallino di piombo) comporta un errore percentuale rispetto alla forma cubica di circa il 50%: Ecco i calcoli che lo dimostrano.



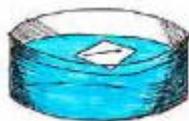
$$e \% = e 100 = \left(\frac{?V}{V}\right) 100 = \left(\frac{1/2 d^3}{d^3}\right) 100 = 50 \% !$$

2^a FASE:

Questa seconda parte dell'esperimento è quella più importante. In realtà è qui che effettuiamo il vero e proprio esperimento relativo alla stima delle dimensioni di uno spessore monomolecolare dell'acido oleico.

La molecola che abbiamo deciso di analizzare è quella di acido oleico. Lo spessore di questa verrà misurato attraverso diversi calcoli, perciò in maniera indiretta, poiché è praticamente impossibile misurare con metodi ordinari lo spessore di una molecola. Per prima cosa occorre creare uno strato di acido oleico monomolecolare; per poterlo creare bisogna formare una soluzione di acido oleico e alcool etilico (infatti quest'ultimo ha la proprietà peculiare di evaporare istantaneamente), la soluzione sarà inizialmente una soluzione al 2%, con $0,2 \text{ cm}^3$ di acido oleico (una piccola quantità) e $9,8 \text{ cm}^3$ di alcool etilico. Poi successivamente subirà una successiva diluizione (per cui è presente una doppia diluizione) nella quale si passerà da una soluzione al 2% a una al 2‰, dove $0,5 \text{ cm}^3$ sono di soluzione al 2% e $4,5 \text{ cm}^3$ sono di alcool. Per mettere in pratica tutto ciò,

occorrerà in primo luogo utilizzare una pipetta Pasteur dove verrà misurato 1cm^3 di soluzione, che corrisponde a 82 gocce (che sono state contate da un nostro compagno). Così abbiamo calcolato il volume di una goccia di soluzione e poi ne abbiamo fatto cadere una in un recipiente molto grande contenente l'acqua e della polvere di lycopodio (che è stata sparsa con un fazzoletto e che serve per far vedere ad occhio nudo la sagoma dello strato monomolecolare, poiché altrimenti non si potrebbe vedere).



Mentre l'alcool etilico evapora immediatamente, si forma uno strato monomolecolare di acido oleico che abbiamo misurato con una riga per bene tre volte; fra i valori delle tre misurazioni abbiamo scelto il valore medio (ossia 14 cm) e così abbiamo calcolato la superficie dello strato monomolecolare. A questo punto occorre calcolare la quantità di acido oleico presente in ogni singola goccia e infine, ottenendo l'altezza di una molecola, calcolare il volume di una molecola. La massa di quest'ultima sarà calcolata utilizzando la densità assoluta e il volume appena calcolato. A questo punto gli unici valori da calcolare, nonché i più importanti, sono il numero di Avogadro, per il quale serve la massa molecolare (somma delle masse atomiche dell'acido oleico) e il volume di una molecola, e poi il numero di Loschmidt. Una volta ottenuti questi valori, bisognerà calcolare le incertezze assolute e relative di ogni valore, che permetteranno di verificarne l'attendibilità.

RISULTATI e CONSIDERAZIONI CRITICHE:

I risultati dei volumi (ipotizzando che la molecola fosse cubica o sferica) ottenuti nella prima fase non sono molto precisi, come si può notare dall'incertezza relativa e dall'errore percentuale di entrambi, infatti è presente un errore percentuale molto alto che sarà dovuto a errori effettuati nelle misurazioni prese in precedenza, relative probabilmente al valore dell'altezza di un pallino di piombo. Invece, tutti i risultati relativi alla seconda fase hanno un valore percentuale minore o uguale al 5% (escluso l'ultimo = 6%), perciò posso esser ben soddisfatta dello svolgimento dell'esperimento, in quanto questo era già difficile e complesso e inoltre richiedeva un'attrezzatura ben precisa affinché si potesse effettuare con ottimi risultati. Purtroppo, a causa degli errori di parallasse che possono essere stati commessi nell'osservazione dello strato monomolecolare e nelle diverse misurazioni, e a causa dei numerosi calcoli che l'esperimento richiedeva, alcuni valori sono imprecisi. Però ad ogni modo i risultati ottenuti sono più che buoni, a mio avviso. Il numero di Avogadro e il numero di Loschmidt, da noi trovati, non sono i numeri che si utilizzano in fisica, perciò i valori non sono precisi, però ci siamo avvicinati ai valori "standard", infatti:

- numero di Avogadro = 6.022×10^{23} ; per noi $N_3 = 5 \cdot 10^{23}$ molecole/mol
- costante di Loschmidt = 2.68×10^{21} ; per noi $N_2 = 2 \cdot 10^{21}$ molecole/ cm^3

L'esperimento si basava sul fornire una stima dello strato monomolecolare di acido oleico. I risultati da me raggiunti, rappresentano la stima che io fornisco sull'esperienza di laboratorio, ma intendo sottolineare che una stima è un valore approssimato della realtà perciò i valori sono, nella loro maggiore precisione, sempre affetti da incertezze.