

## 8. Com es pot calcular la constant d'Avogadro?

### Objectius

- Fer una estimació del valor de la constant d'Avogadro.
- Analitzar les fonts d'error més importants del mètode proposat.

### Introducció

La idea bàsica del mètode és la següent: si sabem el volum d'un mol de molècules,  $V$   $\text{cm}^3/\text{mol}$  d'una substància i el volum d'una única molècula d'aquesta substància,  $v$   $\text{cm}^3/\text{molècula}$ , el quocient: 
$$\frac{V_{\text{cm}^3/\text{mol}}}{v_{\text{cm}^3/\text{molècula}}} = N_{\text{molècules/mol}}$$
 serà el nombre de molècules en

un mol, que és el valor de la constant d'Avogadro.

La substància que es fa servir és l'àcid oleic. El problema està a trobar per una part quin volum ocupa un mol de molècules d'àcid oleic i per l'altre, el volum d'una única molècula.

Per trobar el volum  $V$  d'un mol de molècules d'àcid oleic:

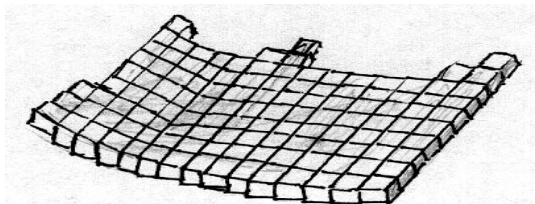
Ho has de fer a partir de les dades següents:

Fórmula de l'àcid oleic:  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$

Líquid de densitat  $0,890 \text{ g/cm}^3$

Per trobar el volum  $v$  d'una molècula d'àcid oleic:

Quan es deixa caure una microgota d'àcid oleic sobre un gran superfície d'aigua, l'àcid oleic s'extén formant una pel·lícula de tal manera que totes les molècules queden flotant juntes a la superfície, més o menys així:



*Molècules d'àcid oleic tal com es col·loquen en la superfície de l'aigua. Realment no tenen forma cúbica, però per fer càlculs ens és còmode suposar-ho*

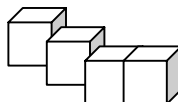
La pel·lícula d'àcid oleic es tan fina que el seu gruix és el d'una molècula! Aquesta propietat ens permetrà fer un càlcul aproximat del volum d'una molècula.

Ho has de fer a partir de les dades següents:


Necessites trobar:

- El volum de la microgota d'àcid oleic que s'ha deixat caure sobre l'aigua (aquest serà el volum de totes les molècules d'àcid que floten sobre l'aigua)
- La superfície de la pel·lícula
- El gruix, que pots calcular per la fórmula  $\text{Volum} = \text{superfície} \times \text{gruix}$

Si saps el gruix, com que hem suposat que les molècules tenen forma cúbica, pots trobar el volum d'una molècula



## Material i Equipament

Equipament	Productes i altres materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recipient gran, per exemple un cristal·litzador</li> <li>- Pipeta o comptagotes</li> <li>- Tros de tela de mussolina o de cotó molt fi</li> <li>- Làmina de plàstic transparent</li> <li>- Retolador</li> <li>- Paper mil·limetrat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dissolució d'àcid oleic en pentà (0,5 g d'àcid en 1 L de pentà)</li> <li>- Talc en pols</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Pentà: inflamable</b></p> <div style="text-align: right;">  </div>

## Procediment

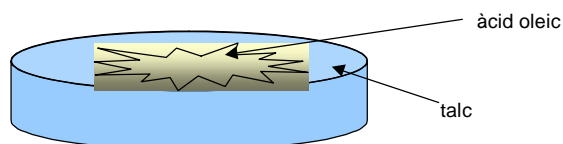
### Execució de l'experiència

1. Comença per posar aigua en un recipient de superfície gran (ha de ser molt més gran que un vas de precipitats) i quan l'aigua del recipient estigui perfectament quieta el recobreixes amb pols de talc passats a través d'una tela de mussolina (igual que fan els pastissers quan posen sucre glaç damunt un pa de pessic).

2. La primera dificultat a superar és deixar caure una microgota d'àcid oleic sobre una superfície d'aigua. Manipular una microgota és tan difícil que es recorre a un truc: es fa servir una dissolució molt diluïda d'àcid oleic en pentà. Per què el pentà? Perquè és un líquid que s'evapora molt ràpidament i quan es deixen caure unes gotes d'aquesta dissolució sobre l'aigua, el pentà s'evapora en qüestió de segons i deixa la pel·lícula d'àcid oleic del gruix d'una molècula.

El que has de fer, per tant, és deixar caure amb un comptagotes, unes poques gotes, sabent exactament quantes, de dissolució d'àcid oleic en pentà (0,5 g d'àcid en 1 L de pentà). Pren nota del nombre de gotes que has deixat caure.

Podràs distingir perfectament la taca d'àcid oleic perquè és la superfície que queda lliure de pols de talc. Procura que la taca sigui gran, però que en cap cas toqui les parets del recipient. Si passa això, has de buidar-ho tot, netejar bé amb aigua i detergent i tornar a començar.



2. Ara has de trobar un sistema per calcular la superfície de la taca d'oli. Fes servir la làmina de plàstic transparent per "calcar" la forma de la taca i el paper mil·limetrat.

3. Una altra dificultat a superar és saber quin és el volum de la taca o capa monomolecular d'àcid oleic.

El que has de fer és calibrar el comptagotes o pipeta que has fet servir, de manera que puguis saber:

- a) el volum d'una gota de dissolució d'àcid oleic en pentà
- b) el volum d'àcid oleic que forma la capa monomolecular (recorda hi ha 0,5 g en 1 L de pentà)

Compta les gotes que hi ha en un volum concret, per exemple  $1 \text{ cm}^3$

4. Ordena les dades que has anat prenent:

- Nombre de gotes que han caigut formant la taca o capa monomolecular
- Superfície de la taca o capa monomolecular
- Volum de la capa monomolecular

5. Amb les dades del volum d'un mol d'àcid oleic i del volum d'una molècula, calcula el nombre de molècules en un mol.

## Conclusió

---

### Anàlisi de les dades

1. Calcula el volum **V** d'un mol de molècules d'àcid oleic.
2. - Apunta el nombre de gotes en  $1 \text{ cm}^3$  de la dissolució d'àcid oleic en pentà. Calcula el volum d'una gota de dissolució.
  - Apunta el nombre de gotes que han caigut sobre l'aigua. Calcula el volum de dissolució que has deixat caure sobre l'aigua.
  - Calcula el volum d'àcid oleic que ha quedat formant la capa monomolecular. (recorda que has fet servir una dissolució de 0,5 g d'àcid oleic en 1 L de pentà)
  - Apunta la superfície que ocupa la capa monomolecular. Calcula el gruix de la capa.
  - Calcula el volum **v** d'una molècula, suposant que totes tenen forma cúbica.
- 3 Fes un càlcul del valor de la constant d'Avogadro amb les dades que has trobat.

### Qüestionari

1. El valor correcte de la constant d'Avogadro és de  $6,02 \cdot 10^{23}$  molècules/mol. Malgrat que porti el seu nom, no va ser Avogadro qui va fer el càlcul sinó l'alemany Joseph Loschmidt. Has trobat un valor que s'hi approximi? Quantes vegades menor o major és el número que has trobat?
2. Canviaria molt el resultat si es considerés que les molècules tenen forma esfèrica?
3. De les diferents mesures que has fet, quina consideres que és la que implica un error més gran?
4. El pentà no és el únic líquid que es pot fer servir en aquest experiment. Suggereix quatre propietats que ha de tenir un possible substitut.

## Com es pot calcular la constant d'Avogadro?

### Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

- ½ hora per a la preparació a l'aula del treball experimental
- ½ hora per a l'experimentació
- 1 hora per a les conclusions (a casa)

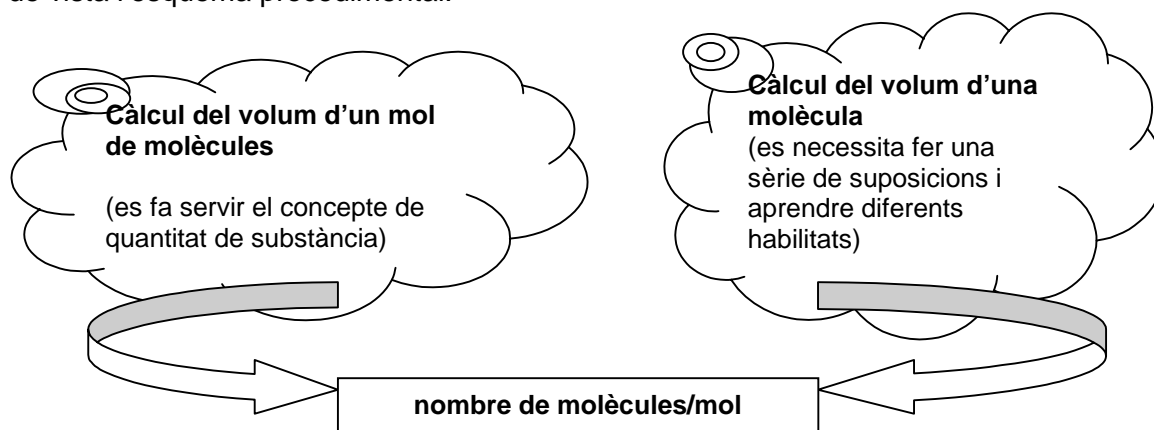
#### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

#### Orientacions metodològiques

Tal com indica el títol, l'objectiu no és trobar el valor de la constant d'Avogadro, sinó veure com es pot fer una estimació de l'ordre de magnitud de la constant a partir de mesures de magnituds senzilles.

El professorat haurà de guiar els passos de manera que en cap moment no es perdi de vista l'esquema procedimental:



### Orientacions tècniques

La dissolució d'àcid oleic en pentà es prepara pesant 0,50 g d'àcid oleic en una balança de sensibilitat 0,01 g i dissolent-los en 1 L de pentà. El pentà resulta car i es pot substituir per etanol. En aquest cas, l'evaporació és més lenta i en ser soluble en aigua, pot ser que una mica d'àcid oleic formi una emulsió amb l'aigua, de manera que ja no quedi en forma d'una capa monomolecular.

La tela de mussolina no és fàcil de trobar, un fulard anirà igual de bé.

Per mesurar la superfície de la taca d'àcid oleic, es col·loca per damunt del cristal·litzador una làmina de transparències o un plàstic qualsevol que sigui transparent i es dibuixa el contorn amb un retolador. Després es posa la làmina sobre un paper mil·limetrat.

**Gestió dels residus:** Poden llençar-se a la pica.

## Conclusions

### Resultats esperats

#### Simulació d'un càlcul:

El volum d'un mol de molècules d'àcid oleic  $V = 317 \text{ cm}^3/\text{mol}$

Nombre de gotes de dissolució emprades per fer la capa = 2 gotes dissolució

Nombre de gotes en  $1 \text{ cm}^3 = 30$  gotes dissolució

Volum de dissolució =  $0,667 \text{ cm}^3$

Volum d'àcid oleic que forma la capa monomolecular =  $3,75 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$

(es considera que la dissolució és de  $0,56 \text{ cm}^3$  àc. oleic /  $10^3 \text{ cm}^3$  dissolució)

Superfície de la capa =  $615 \text{ cm}^2$  (mesurada pel mètode indicat en l'apartat "orientacions tècniques")

Gruix de la capa =  $6,10 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$

Volum d'una molècula (forma cúbica)  $v = 2,27 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^3$

Estimació del valor de la constant d'Avogadro:  $\frac{V_{\text{cm}^3/\text{mol}}}{V_{\text{cm}^3/\text{molècula}}} = \underline{1,40 \cdot 10^{21} \text{ mol}^{-1}}$

Unes 400 vegades més petit del valor correcte. L'error és molt elevat, només es pot fer una estimació de l'ordre de magnitud.

El valor acceptat per la constant, amb nou xifres significatives és:  $6,02176462 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (<http://physics.nist.gov/cuu/Units/background.html>)

### Respostes al qüestionari

2. Canviaria molt el resultat si es considerés que les molècules tenen forma esfèrica?

El volum d'una molècula seria aproximadament la meitat. No canviaria l'ordre de magnitud.

3. De les diferents mesures que has fet, quina consideres que és la que implica un error més gran?

La mesura de la superfície, si es dona per descomptat que la dissolució està ben preparada.

4. El pentà no és el únic líquid que es pot fer servir en aquest experiment. Suggereix quatre propietats que ha de tenir un possible substitut.

Ha de ser un bon dissolvent de l'àcid oleic; s'ha d'evaporar fàcilment, no s'ha de dissoldre en l'aigua, no ha de reaccionar ni amb l'àcid oleic ni amb l'aigua.

### Criteris d'avaluació

Encara que el disseny procedimental es deixa poc obert, caldrà vetllar perquè els alumnes tinguin cura dels següents passos, que es poden anar apuntant en la següent plantilla:

Pas del procediment	Acció	SÍ	NO
Tots	Expressa amb claredat els passos del procediment que vol seguir?		
2	Proposa un mètode factible per calcular la superfície?		
	Repeteix les mesures diverses vegades?		
CÀLCULS	Els fa sense demanar ajut?		
	Fa ús correcta de les xifres significatives?		