

## 7. Com es pot determinar la massa molar d'un gas i d'una substància volàtil?

### Objectius

- Determinar la massa molar d'un gas, aplicant la hipòtesi d'Avogadro.
- Determinar la massa molar d'una substància volàtil, aplicant la hipòtesi d'Avogadro.

### Introducció

Amadeo Avogadro, un físic italià del s. XIX, va seguir el següent raonament:

El fet que a pressió constant, el volum de qualsevol gas és directament proporcional a la seva temperatura, implica que si disposem de recipients d'igual volum amb gasos diferents, tots a igual temperatura, han de tenir el mateix nombre de partícules.

En aquest treball pràctic has de fer servir el raonament o "hipòtesi d'Avogadro", en la primera part per trobar la massa molar d'un gas desconegut i en la segona part per trobar la massa molar d'un vapor obtingut a partir d'un líquid volàtil. Per això primer cal que trobis una relació matemàtica senzilla entre les masses de dos gasos i les seves masses molars.

### Primera part: determinació de la massa molar d'un gas

#### Disseny del procediment i execució de l'experiència

1. Suposa que tens dos gasos *A* i *B* en recipients d'igual volum (imagina dues xeringues), ambdós recipients en estar un al costat de l'altre, podem assegurar que estan a igual temperatura i com que els èmbols de les dues xeringues estan immòbils, els gasos estan sotmesos a la mateixa pressió, que serà la de l'atmosfera.

Escrivint l'equació d'estat per cada gas, has de demostrar que tots dos gasos contenen el mateix número de mols:  $n_A = n_B$

2. A partir d'aquesta igualtat, has d'arribar a la següent:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{M_A}{M_B} \quad (M_A \text{ i } M_B \text{ són les masses molars dels gasos A i B)}$$

3. Suposa que coneixes la massa molar d'un gas (l'aire, per exemple) i vols determinar la massa molar del butà. Pensa un procediment per fer aquesta determinació. Escribe el procediment i especifica el material necessari i tots els passos a seguir, especialment les magnituds que caldrà mesurar i les que s'han de mantenir constants. Suposa que el recipient és una xeringa de 60 cm<sup>3</sup> de volum.

4. Has tingut en compte que per saber la massa d'un gas cal pesar el recipient buit i després amb el gas? Si no ho has fet, suggereix ara, com es podria fer.

5. Compara el teu procediment amb el que et proporcionarà el full d'ajut. La comparació la pots fer copiant i completant un quadre com el següent:

Pas del procediment suggerit pel/per la professor/a	El meu procediment	Comentari (indica quin consideres millor)

6. Un cop tinguis el vist-i-plau, ja pots seguir els passos del procediment.

## Conclusions

### Anàlisi de les dades

1. Calcula la massa molar del gas butà, fent servir la fórmula que relaciona masses de gas amb masses molars. L'aire té una massa molar mitjana de  $28,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

2. Per saber l'error relatiu de la teva mesura, calcula la massa molar del butà, a partir de la seva fórmula i d'una taula de masses atòmiques relatives. Quin és l'error relatiu de la mesura que has fet?

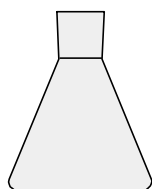
**Ampliació:** Si tens ocasió pots determinar la massa molar d'altres gasos com el diòxid de carboni. En aquest cas cal que et plantegis abans la manera com ompliràs una xeringa amb el  $\text{CO}_2$ . Dissenya el procediment, però no comencis a fer res fins a tenir el vist-i-plau del/de la professor/a. Si cal, pots demanar ajut.

## Segona part: determinació de la massa molar d'una substància volàtil.

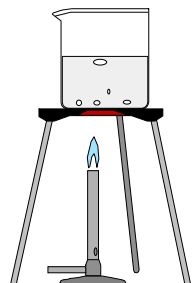
### Disseny del procediment i execució de l'experiència

El mètode anterior (consulta els apartats 1 i 2 de la primera part) es pot aplicar, amb alguns canvis, a la determinació de la massa molar de substàncies líquides volàtils. El canvi fonamental és que cal tenir un recipient, un matràs per exemple, amb la substància en estat gasós havent-la escalfat fins que s'evapori totalment.

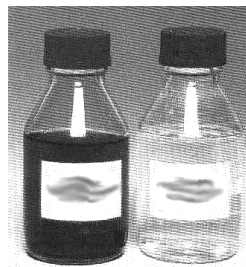
Suposa que tens:



matràs erlenmeyer



bany d'aigua calenta



un flascó amb etanol i l'altre amb el líquid a determinar la massa molar

Per aconseguir tenir el matràs ple amb el gas format per evaporació d'una mica de líquid, el matràs es tapa amb paper d'alumini ben lligat amb una goma elàstica i amb un forat petit per permetre escapar l'excés de gas.

1. Dissenya el procediment per determinar la massa molar d'un líquid desconegut, X, sabent que la comparació la faràs amb un altre líquid volàtil de massa molar coneguda (l'etanol). Escriu un procediment per fer aquesta determinació. Especifica el material necessari i tots els passos a seguir, especialment les magnituds que caldrà mesurar.



2. No comencis a fer res fins a tenir el vist-i-plau del/de la professor/a. Si cal, pots demanar un full d'ajut. Un cop tinguis el vist-i-plau, ja pots seguir els passos del procediment.

## Conclusions

---

### Anàlisi de les dades

1. Calcula la massa molar del líquid desconegut, fent servir la fórmula que relaciona masses de gas amb masses molars. L'etanol té una massa molar de  $46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

2. Demana al professor/a quin era el líquid desconegut, per saber la seva massa molar real. Calcula l'error relatiu de la mesura que has fet.

### Qüestionari

1. En cap de les determinacions hem necessitat saber el volum del recipient, per què no és necessària aquesta mesura?

2. Fes una llista amb suggeriments per millorar el procediment per tal de minimitzar l'error de la mesura de la massa molar.

3. Aquest mètode ja no es fa servir actualment en la determinació de masses molars de gasos o líquids volàtils. Mira si el teu llibre de química explica quin és el mètode actualment emprat en els laboratoris d'anàlisi.

## Com es pot determinar la massa molar d'un gas i d'una substància volàtil?

### Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

- ½ hora per a la preparació i disseny a l'aula del procediment
- 1 hora l'experimentació i les conclusions (fent una de les dues parts)

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

Alumnes de batxillerat


#### Orientacions metodològiques

El/la professor/a pot decidir si fer una qualsevol de les parts proposades o les dues en funció del temps que hi vulgui dedicar i del material de què disposi. En qualsevol cas la discussió prèvia sobre el fonament teòric és imprescindible.

El qüestionari és el mateix per a tots dos procediments

#### Disseny del procediment per a la primera part (full d'ajut per l'alumne/a)

##### Material i Equipament

Equipament	Reactius i altres materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Xeringa de 60 cm<sup>3</sup> (la gradació d'aquestes xeringues arriba fins als 50 cm<sup>3</sup>), preparada tal com s'indica en el pas 1<sup>a</sup></li> <li>- Un clau d'uns 5 cm de llarg</li> <li>- Tub de goma (4 cm) acoblat a la xeringa amb pinça metàl·lica per tancar el tub</li> <li>- Balança, sensibilitat 0,01 g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Butà (d'una bombona petita)</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>GAS INFLAMABLE</p> </div>

##### Procediment

1<sup>a</sup> Preparació de la xeringa per fer mesures quantitatives amb gasos:

Estirar l'èmbol de la xeringa fins el volum de 50 cm<sup>3</sup>. Amb la punta d'unes tisores es forada l'èmbol just a ran del cilindre de la xeringa, per aquest forat es passa un clau, de manera que així es pot fixar l'èmbol en un volum determinat.

Acoblar a la xeringa el tub de goma amb la pinça metàl·lica.

Vegeu figures 1 i 2.

2<sup>a</sup> Treure el clau, obrir la pinça metàl·lica i baixar l'èmbol a volum zero. Tancar el tub de goma amb la pinça i fent força (caldrà l'ajut d'algú) estirar l'èmbol per tal de fer el buit fins que es pugui passar el clau pel forat fet en l'èmbol. Ara, es pesa el conjunt: això és la massa de la xeringa buida.

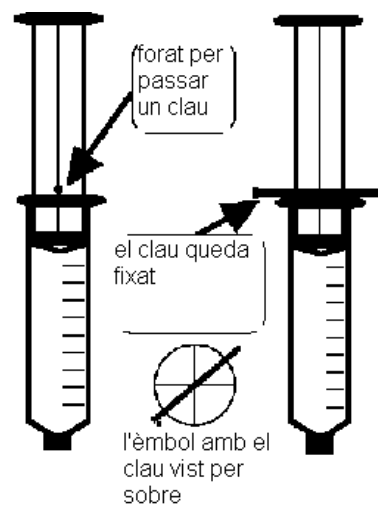


Figura 1: preparació de la xeringa

3<sup>a</sup> Obrint la pinça, es deixa entrar aire, es torna a tancar la pinça (no s'ha de tocar el clau) i es pesa altra vegada. La diferència entre aquesta massa i l'anterior és la massa d'aire.

4<sup>a</sup> Per omplir de gas butà, es suficient connectar el tub de goma a la sortida de gas d'un bec tipus "labo-gas", l'èmbol està baixat i es va ajudant a pujar fins que es pot posar el clau que fixa el volum. **Cal fer-ho prop d'una finestra oberta o en un indret amb bona ventilació.**

5<sup>a</sup> Posar la pinça metàl·lica tancant la xeringa i pesar-ho. La diferència entre aquesta massa i la de la xeringa buida és la massa de butà.

6<sup>a</sup> Aplicar la fórmula deduïda a partir de la hipòtesi d'Avogadro.

En el disseny que es demana als alumnes és improbable que hagin pensat en els detalls de la preparació de la xeringa indicats més amunt, l'important però és que indiquin clarament les diferents pesades que caldria fer.

Per omplir la xeringa amb diòxid de carboni caldria generar el gas amb el mateix muntatge que l'indicat en el T.P "Obtenció i propietats de l'amoníac".

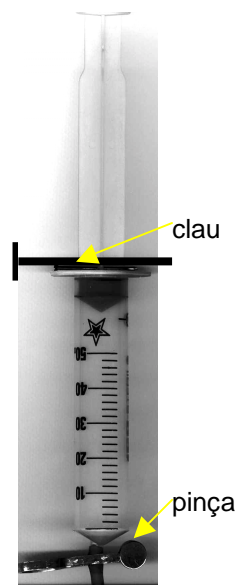




Figura 2: el dispositiu complet

Consulteu a més: [http://mattson.creighton.edu/Microscale\\_Gas\\_Chemistry.html](http://mattson.creighton.edu/Microscale_Gas_Chemistry.html). Hi trobareu fotografies de l'experiment amb informació complementària (en anglès).

## Disseny del procediment per a la segona part (full d'ajut per l'alumne/a)

### Material i Equipament

<p><b>Equipament</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matràs erlenmeyer de 100 cm<sup>3</sup></li> <li>- Vas de precipitats de 500 cm<sup>3</sup></li> <li>- Suport, pinça, cercol i reixeta</li> <li>- Comptagotes o pipeta</li> <li>- Bec de Bunsen</li> <li>- Paper d'alumini, goma elàstica i agulla per foradar l'alumini</li> <li>- Balança, sensibilitat 0,01 g</li> </ul>	<p><b>Reactius i altres materials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etanol</li> <li>- Acetona (líquid problema)</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Ulleres de seguretat</b></p> </div>
---	---

### Procediment

1<sup>a</sup> Pesa l'erlenmeyer, el tros de paper d'alumini que servirà per tapar-lo i la goma elàstica, tot junt.

2<sup>a</sup> Posa en l'erlenmeyer uns 4 cm<sup>3</sup> del líquid problema. Tapa la boca del matràs amb paper d'alumini ben lligat per la goma elàstica i amb una agulla forada en centre del paper, això permetrà escapar vapors del líquid, en escalfar-lo



3<sup>a</sup> Col·loca el matràs dins un bany d'aigua bullent. (Figura 3). Escalfa fins que vegis que pel forat ja no surten més vapors i que en el matràs tot el líquid s'ha evaporat. Apaga el foc i treu el matràs del bany d'aigua. **Vés amb compte de no cremar-te. Fes servir una pinça per agafar el matràs.**

4<sup>a</sup> Quan el matràs s'ha refredat a la temperatura ambient, observaràs que s'ha condensat una mica del vapor que omplia el matràs. No trequis el paper d'alumini. Eixuga el matràs per fora amb paper i pesa el conjunt.

5<sup>a</sup> Repeteix els passos 1a a 4a amb l'etanol, líquid del que coneixem la seva massa molar.

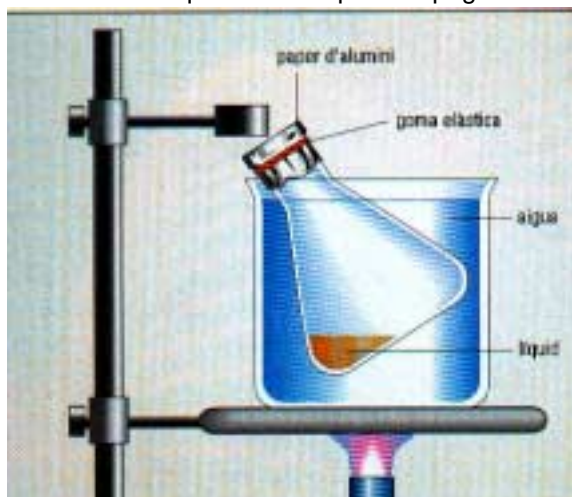


Figura 3: muntatge per determinar la massa molar d'un líquid volàtil

## Orientacions tècniques

Les xeringues descrites aquí es troben en qualsevol farmàcia. El volum total és de 60 cm<sup>3</sup>.

## Conclusions

### Resultats esperats

La massa d'aire que conté una d'aquestes xeringues és d'uns 0,07 g. L'error relatiu amb el primer mètode (un mètode en microescala) és inferior al 5 %. El segon mètode (útil per a líquids volàtils) dóna errors relatius més alts.

### Respostes al qüestionari

1. En cap de les determinacions hem necessitat saber el volum del recipient, per què no és necessària aquesta mesura?  
Hem fet servir la hipòtesi d'Avogadro.

2. Fes una llista amb suggeriments per a millorar el procediment per tal de minimitzar l'error de la mesura de la massa molar.  
L'error el dóna la pesada (cal una balança d'elevada sensibilitat). Caldria treballar amb mostres de gasos sense humitat. Els gasos haurien de ser mostres pures. Caldria assegurar-se que realment els volums són iguals...

3. Aquest mètode ja no es fa servir actualment en la determinació de masses molars de gasos o líquids volàtils. Mira si el teu llibre de química explica quin és el mètode actualment emprat en els laboratoris d'anàlisi.  
L'espectroscòpia de masses.

## Criteris d'avaluació

Es pot emprar la següent plantilla on es van apuntant els passos procedimentals que és desitjable que els alumnes dominin:

Pas del procediment	Acció	SÍ	NO
1 i 2	Sap arribar a l'expressió $\frac{m_A}{m_B} = \frac{M_A}{M_B}$ ?		
3	Indica correctament les mesures que cal fer (pesades, etc.)?		
	Indica clarament quines magnituds s'han de mantenir invariables (pressió, volum, temperatura)?		
5	Fa una crítica del seu procediment?		
6	Repeteix les mesures més d'una vegada?		
6	Calcula l'error relatiu?		
SEGURETAT	Es posa les ulleres de seguretat?		
CÀLCULS	Fa els càlculs sense demanar ajut?		
	Fa ús correcte de les xifres significatives?		