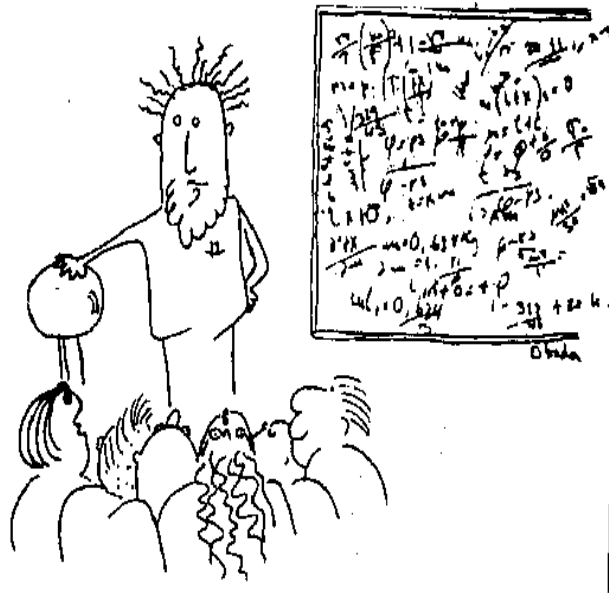


# 25

experiències per a parlar  
de física i de química  
(*Qui sap si en batxillerat*)  
(Versió 2002)



**José A. Caballero<sup>(1)</sup>**  
**Vicent Soler<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Departament d'Enginyeria Química, Universitat d'Alacant,  
caballer@ua.es

<sup>(2)</sup> IB Sixto Marco, Elx, vicent@medtelecom.net

## Índex

Presentació		3
Ciència i humor	4	
Relació d'experiències		
1. Forces sobre una esfera que gira		6
2. Velocitat límit		7
3. Pressió		8
4. Carrega(r)		11
5. Interacció camps E/B i corrent electrolític		12
6. Angle límit		13
7. Polarització de la llum (del cel)	14	
8. El color del cel	15	
9. Enllaç químic		16
10. Electròlisi de l'aigua		17
11. Enllaços		18
12. Conservació de la massa		19
13. Determinació de l'aigua d'hidratació del sulfat de coure	20	
14. Càlcul quantitatiu d'una reacció química	22	
15. Reaccions		23
16. Procediments per a separar els components de mescles	24	
17. Adsorció		25
18. Dissolucions gas/líquid. Recollida de gasos. Llei de Henry		26
19. Duresa de l'aigua		28
20. Osmosi	29	
21. Piròlisi		31
22. Determinació de la velocitat de les molècules de CO <sub>2</sub>	33	
23. Boyle i Mariotte		34
24. Cromatografia		37
25. Massa molecular d'un gas		38
26. Un experiment que no rutla com cal		40
27. Teorema de Bernoulli		
Apèndix: Noms d'instruments i d'aparells de laboratori	41	
Bibliografia		44

## **Experiències d'aula-laboratori per a batxillerat (LOGSE)**

Materials (provisionals) per a elaborar experiències d'aula-laboratori per a batxillerat, preparats al laboratori de Física i Química de l'Institut Sixto Marco d'Elx.

### **Formatat**

Albert Gras Martí, Marisa Cano Villalba, DFA-UA

## **Presentació**

El que mostrem a continuació és un conjunt d'experiències de física i química fetes al laboratori de l'Institut Sixto Marco d'Elx, durant els dos primers trimestres del curs 1996/97.

Aquestes experiències són part del treball de col·laboració entre el Dr. José Antonio Caballero, professor de Química de la Universitat d'Alacant i Vicent Soler, professor de Física i Química de l'esmentat institut. Sense la intervenció catalitzadora del professor Albert Gras aquesta col·laboració no hauria estat possible, per tant, el nostre agraïment.

Aquí no hi ha cap proposta revolucionària sobre l'ensenyament-aprenentatge de la Física i Química, i, en particular, sobre la forma de realitzar el treball de laboratori en aquesta àrea. El/la lectora haurà d'orientar la mirada en una altra direcció si el que busca és una innovació radical.

Fet aquest aclariment, també advertim que no trobarà una presentació del material en la forma més estàndard de la "recepta de cuina" -tampoc no exigim a l'alumnat que reinvente el matràs aforat. Les experiències estan concebudes perquè s'utilitzin inserides en la resta de continguts de l'àrea, tasca que queda reservada al professorat. Considerem, en fi, que són un recurs més per a afavorir la construcció que ha de dur a terme l'alumnat en relació amb un contingut determinat.

Són materials perquè el professorat i l'alumnat parlen de física i química a l'aula. En cada una de les experiències s'ha procurat afegir referències que permeten vincular allò que estudia l'alumnat amb l'entramat ciència/tècnica/societat, evitant així l'experiència-anècdota deslligada del context de l'alumnat.

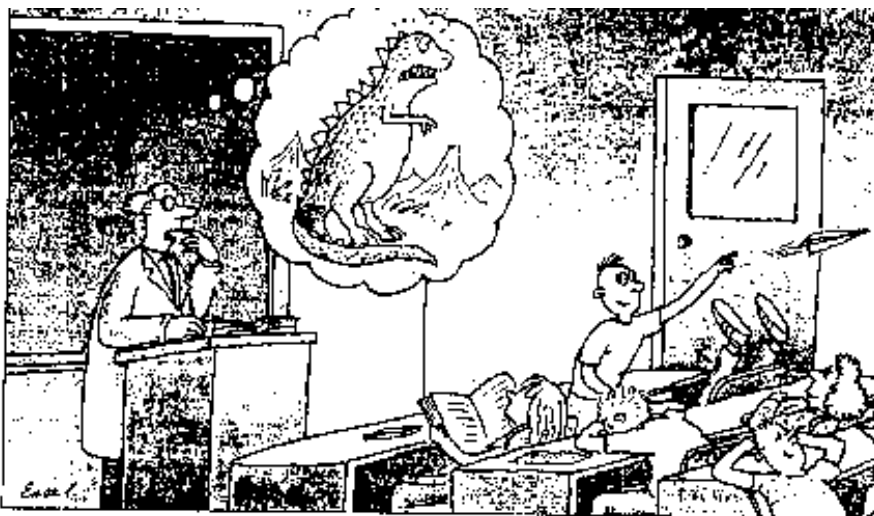
Part de les experiències que figuren en aquest recull han estat portades a l'aula per un dels autors, altres les hem realitzat per pura curiositat i per divertir-nos, anticipant-nos a la seua aplicació en l'aula, però sempre pensant en la seua utilització amb alumnat. Algunes experiències són originals, les menys; d'altres són adaptació, les més, d'una àmplia bibliografia consultada pels autors.

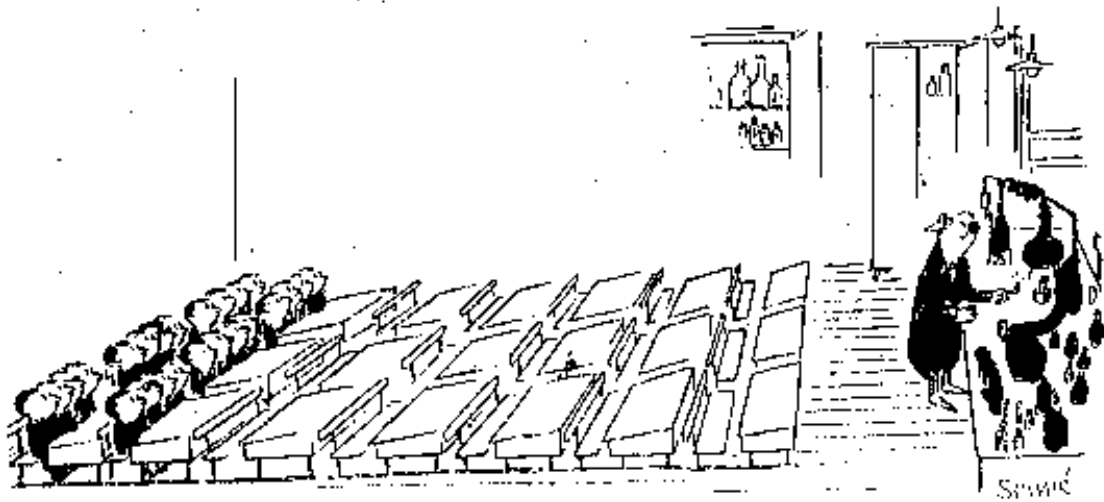
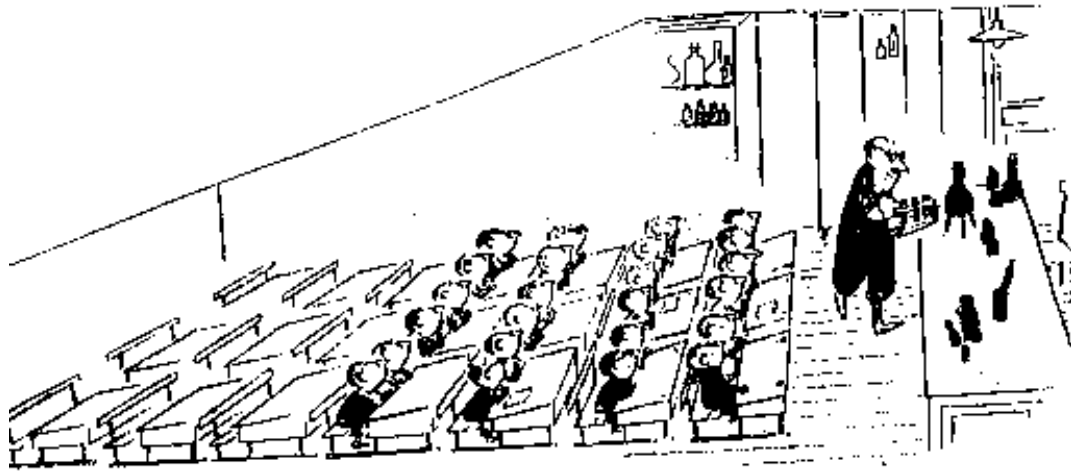
Res no ens complauria més que saber que aquest pot ser un material útil per a altres col·legues, els quals poden enriquir-lo amb les seues aportacions.

Al final donem una breu relació bibliogràfica en la qual hi ha discussions sobre el treball de laboratori o referències on trobar altres propostes d'experiències.

## Ciència i humor

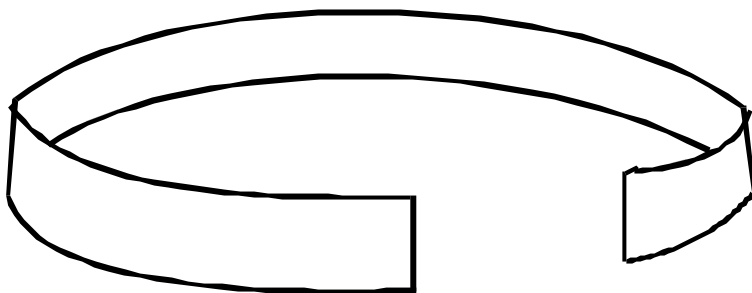
Els colps d'humor que mostrem a continuació, a més del de la portada, no tenen una altra finalitat que mostrar situacions estereotipades que, dins l'àmbit educatiu, segur que resulten familiars a la lectora o al lector i li provoquen el (som)riure.



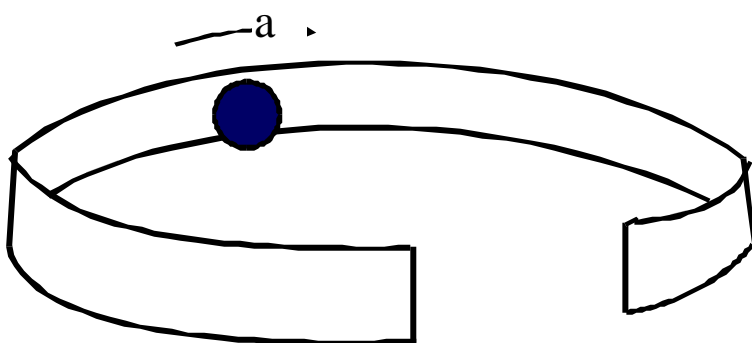


## Forces sobre una esfera que gira<sup>1</sup>

Hem tallat un pot de plàstic circular, conservant-ne el fons, d'uns 30 cm de diàmetre i hi hem fet un forat com indica la figura següent:



L'esfera de la figura és llançada tangencialment a la paret des d'un punt *a*. Dibuixa les forces que actuen sobre l'esfera en cada moment i tracta de preveure tot el que passarà, incloent-hi el cas que es presenta en arribar al forat, suposant diferent massa, rapidesa, etc.



### *CTS*

Tracta d'esbrinar si hi ha alguna relació entre la física d'aquesta experiència i el fonament de la centrifugada, com eixuga el tambor d'una rentadora, etc.

---

<sup>1</sup> Suggestit en ARONS, A. B. (1990), *A Guide to Introductory Physics Teaching*, John Wiley & Sons, p. 101-102.



## Velocitat límit

Embolica un full de diari doble fins a donar-li forma esfèrica, d'uns 10 cm de diàmetre. Si cal, utilitza paper adhesiu.

Llança'l horitzontalment i mesura la distància fins a l'impacte en terra. Llança'l ara amb una velocitat inicial que suposem el doble.

On hauria d'arribar? On arriba?

Desplaça la mà per l'aigua d'un poal, després desplaça-la-hi a major velocitat. Té res a veure una experiència amb l'altra?

És el moment de donar-hi una explicació.



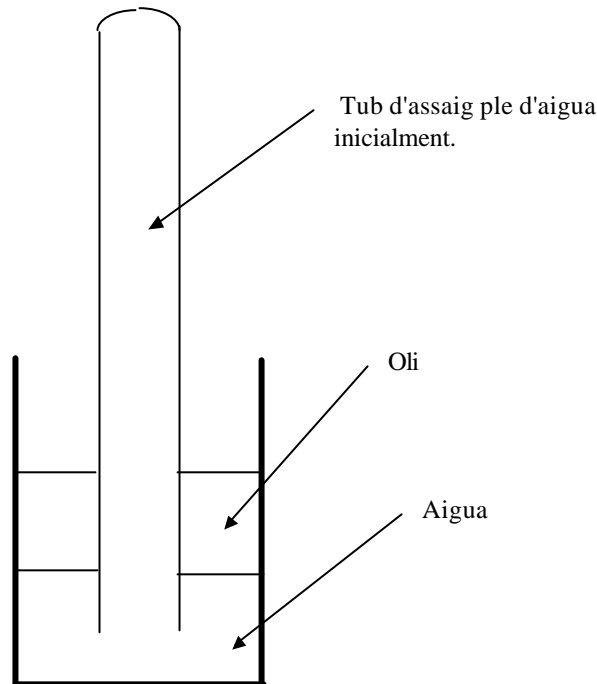
## *CTS*

Estudia el fonament del paracaigudes.

Estudia per què el consum de benzina d'un automòbil augmenta de manera tan desmesurada per a grans velocitats.

## Pressió

El tub d'assaig<sup>2</sup> de la figura està ple d'aigua. Desplaça'l verticalment cap amunt, fins que l'extrem inferior entre en la zona de l'oli. Tracta de preveure el que ocorrerà o explica el que observes.



## CTS

1. Com pots llegir en el document adjunt, Torricelli demostrà l'existència del buit mitjançant una experiència semblant a l'anterior. Identifica en el document aquesta experiència i fes-la al laboratori si és possible.
2. Les salines de Torrevella exploten el jaciment de sal gemma del cabeç del Pinós, separats per més de 50 km. Primer s'obté salmorra injectant aigua a pressió als diferents sondejors; després d'injectar a altres pressions gasoil en les bosses de salmorra, aquesta surt per les canonades que la transportaran a Torrevella.

## El baròmetre<sup>3</sup>

“Molts han dit que el buit no existeix; alguns altres, que existeix amb dificultat, malgrat el fàstic de la natura per ell. No conec ningú que haja dit que existeix sense dificultat i sense resistència de la natura. Jo ho argumente

<sup>2</sup> Utilitza tubs d'assaig de diferents diàmetres.

<sup>3</sup> Carta de Torricelli a Miquel Àngel Ricci, datada l'11 de juny de 1644 (*Opera omnia*, 1919, vol. III)

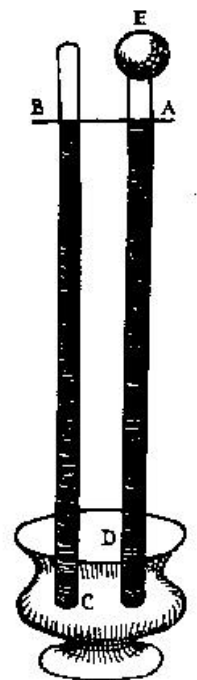
així: si pot trobar-se una causa manifesta de la qual es puga derivar la resistència que es percep si tractem de fer el buit, em sembla boig tractar d'atribuir el buit a aquelles accions que resulten evidentment d'alguna altra causa; i així, fent alguns càlculs senzills, vaig trobar que la causa assignada per mi (és a dir, el pes de l'atmosfera) ha d'oferir per si mateixa una resistència més gran que la que ofereix quan tractem de produir el buit. Dic això perquè un cert filòsof, veient que no és possible deixar d'admetre que el pes de l'atmosfera causa la resistència que es percep en fer el buit, no diu que admet l'acció del pes de l'aire, sinó que persisteix a atribuir-ho al fet que la natura també contribueix a resistir el buit. Vivim submergits en el fons d'un mar d'aire elemental, el qual, pels experiments, sense cap dubte tenen pes, i tant de pes, que l'aire més dens en les proximitats de la superfície terrestre pesa prop d'1/400 del pes de l'aigua. Certs autors han observat que després de la posta del sol l'aire vaporitzat i visible s'alça davant de nosaltres a l'altura de 50 o 54 milles, encara que no pense que fos tant, perquè puc mostrar que el buit ha d'oferir una resistència molt major que la que oposa, excepte que utilitzem l'argument que el pes que Galileu assignà s'aplica a l'atmosfera baixa, on els homes i animals viuen, però que en els pics de les altes muntanyes l'aire comença a ser més pur i pesa molt menys d'1/400 del pes de l'aigua.

Hem fet molts recipients de vidre com els representats en les figures A i B, i amb tubs de 2 colzes de llargària.

Vaig omplir aquests tubs amb mercuri, i, tapant l'extrem obert amb el dit, els vaig capgirar en la cubeta C, en la qual hi havia mercuri. Aleshores vam veure que es formava un espai buit i que res no succeïa en el recipient on es formava aquest espai. El tub entre A i D està sempre ple fins a l'altura d'un colze i un quart i una polzada.

Per demostrar que el vas estava completament buit, vam omplir el recipient amb aigua pura fins la altura D, i aleshores, aixecant el tub a poc a poc, vam veure que quan l'obertura del tub arribava fins l'aigua, el mercuri queia del tub i l'aigua es precipitava amb gran violència cap a la marca E. Hom diu sovint, per tal d'explicar aquest fet, que el vas AE queda buit i que el mercuri, encara que pesant, és mantingut en el tub AC, el qual, com s'ha cregut fins ara, la força que impedeix al mercuri caure, com ho faria naturalment, és interna al vas AE, originada pel buit o per alguna substància extremadament enrarida, però jo mantinc que la causa és exterior i ve de fora.

Sobre la superfície del líquid que hi ha en el recipient actua el pes de l'altura de 50 milles d'aire. Què té d'estrany, aleshores, que el mercuri, que no té cap tendència ni fàstic, ni encarna la més mínima oposició a raure en l'interior del tub CE, entre en ell i puge fins una altura suficientment alta per a equilibrar el pes de l'aire exterior, que l'empeny cap amunt?



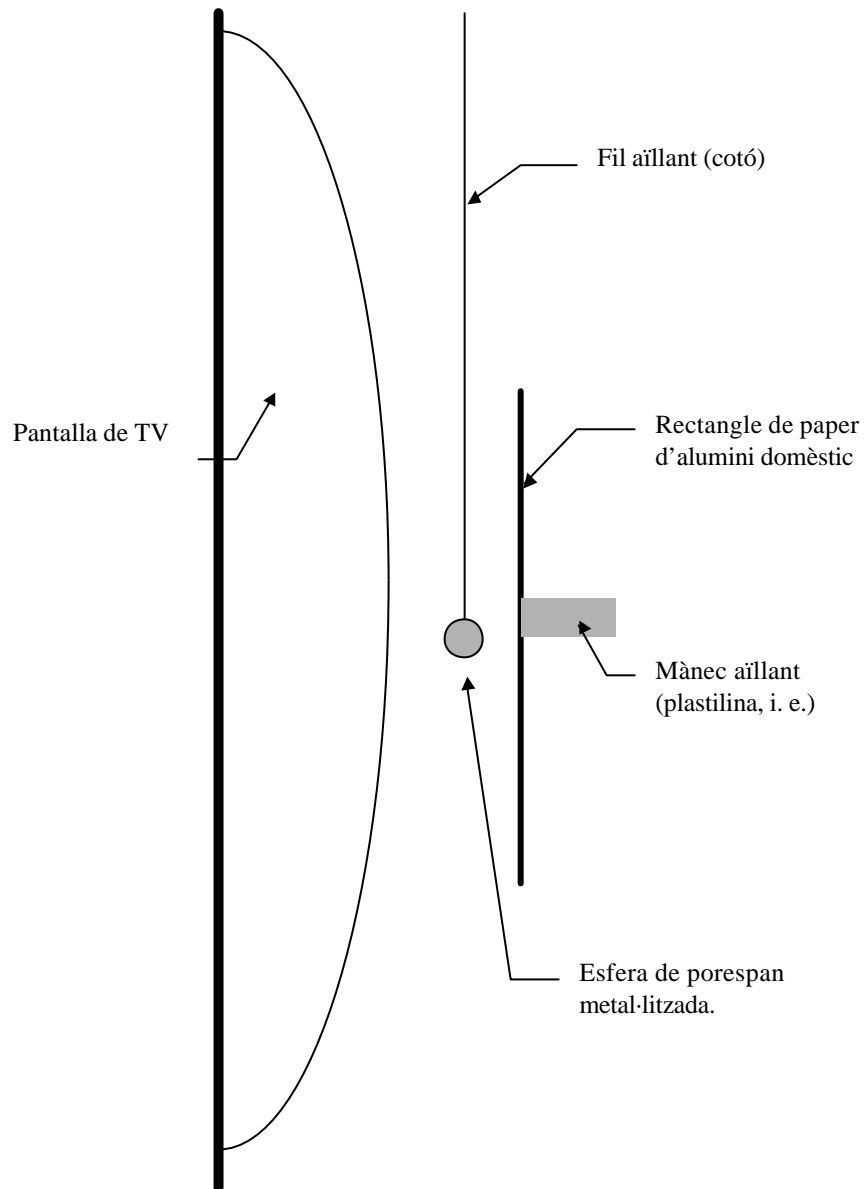
Per altra banda, l'aigua, en un tub semblant, encara que més llarg, s'elevaria uns 18 colzes, és a dir, tantes vegades més que el mercuri com més pesat és que l'aigua, per a estar així en equilibri amb la mateixa causa que actua sobre l'un i l'altre.

Aquest argument és corroborat per un experiment fet alhora amb el vas A i amb el tub B, en els quals el mercuri es manté sempre en la mateixa línia horitzontal AB. Això fa quasi segur que l'acció no prové de l'interior, perquè el vas AE, en el qual hi havia una substància més rarificada, hauria tingut una major força, atraient molt més activament, a causa de la seua major rarefacció, que la del espai B, molt més petit.

M'he esforçat a explicar amb aquest principi els fàstics de tota mena que s'observaren en els diversos efectes atribuïts al buit, i encara no n'he trobat cap al qual no haja pogut tractar amb bon resultat. Sé que sa Majestat tindrà moltes objeccions, encara que espere que, si hi pensa, les podrà resoldre. La meua principal intenció no pot portar-se endavant, és a dir, descobrir quan l'atmosfera és més grossa i pesada i quan és més subtil i lleugera, ja que el nivell AB en l'instrument EC canvia per alguna altra raó (la qual cosa no hauria cregut), especialment per ser sensible al fred i calor, exactament com si el vas estigués ple d'aire.”

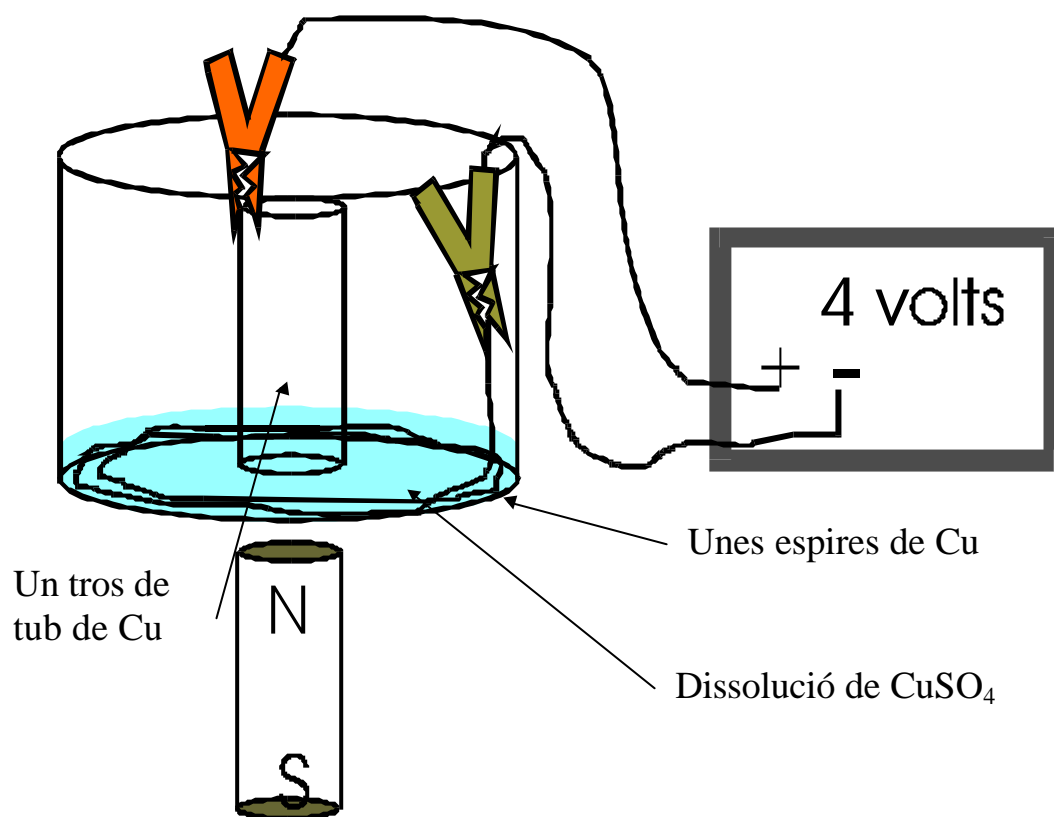
## Carrega(r)

Construeix el muntatge de la figura o un de semblant:



Tracta de preveure tot el que ocorrerà a l'esfera i a la làmina metàl·lica.  
Després fes l'experiència.

## Interacció de camps E/B i corrent electrolític<sup>4</sup>



Algú afirma que veurem com gira la dissolució si fem el muntatge anterior. Si és cert, quina en podria ser l'explicació? Què ocurriria si canviàrem la polaritat del corrent? I en invertir l'imant? I si utilitzem una altra dissolució?

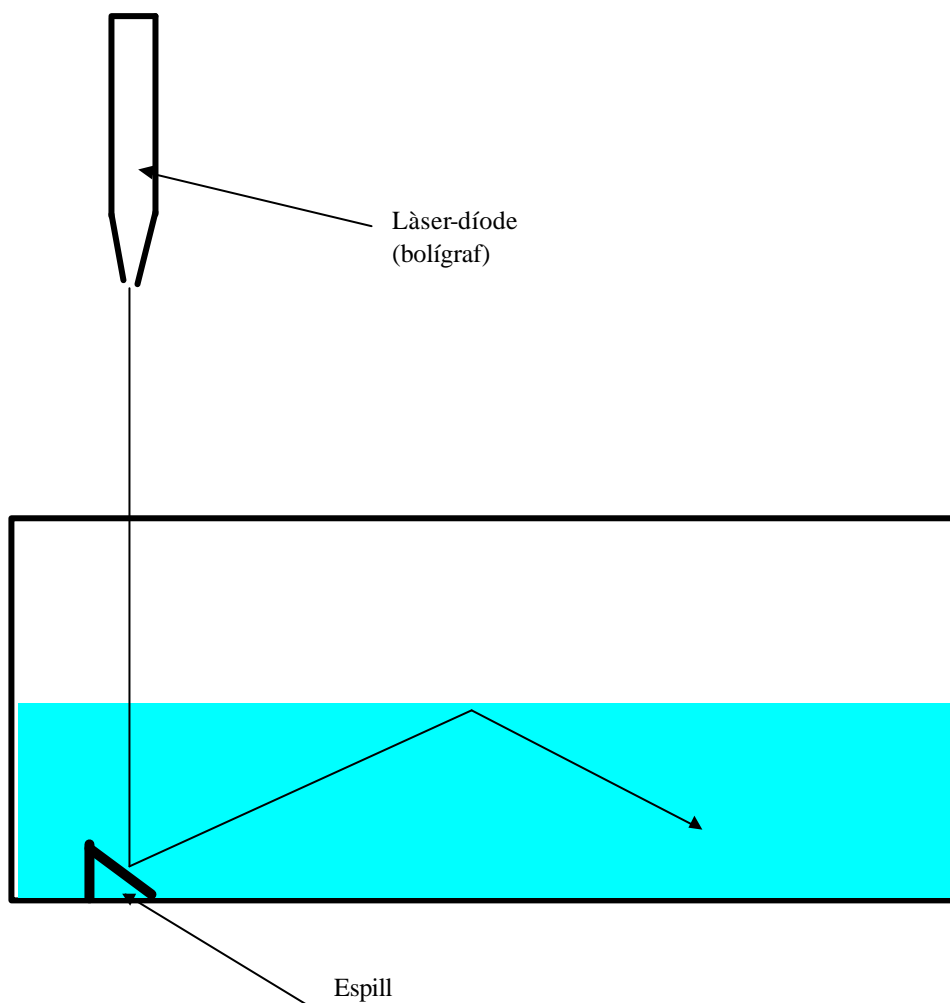
### CTS

Investiga el fonament i les aplicacions de l'espectrògraf de masses i si hi ha alguna relació amb l'experiència anterior.

<sup>4</sup> ARONS, A.B. (1990), *A Guide To Introductory Physics Teaching*, John Wiley & Sons, p. 191-192.

Aquest disseny, equivalent al proposat per Arons, l'hem amprat al prof. Albert Gras, per la senzillesa de muntatge.

## Angle límit<sup>5</sup>



## CTS

Tracta de relacionar la física involucrada en aquesta experiència amb la comunicació per fibra òptica.

### *El material:*

El punter làser.<sup>6</sup>

La caixa és de vidre transparent i parets planes. En la base hem decidit col·locar un espill de dimensions 10×60 cm. Aquest material ha costat uns 15 € en un taller de cristall. Les làmines estan pegades amb silicona. Amb una caixa de bombons transparent i posant en la base un tros de paper d'alumini, no queda tan espectacular, però funciona.

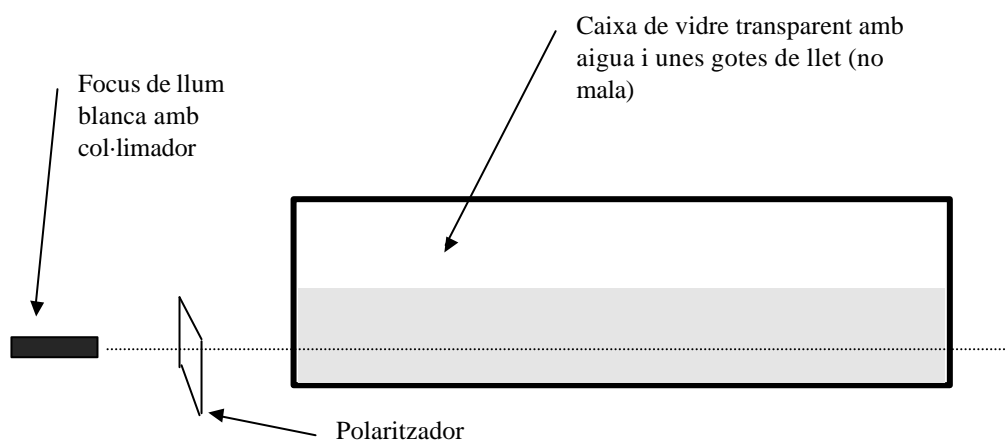
<sup>5</sup> Aquesta experiència està suggerida en TIPLER (1996), *Física*, Editorial Reverté.

<sup>6</sup> Els grans magatzems tenen aquests làsers. També en Arkofoto SA, fax 933 18 02 77. El punter làser bolígraf P4500 Spectra-Rite costa 60 €

L'espillet que hi ha dins està apegat a una bola de plastilina, fet que permet variar l'angle d'orientació respecte de la superfície.



## Polarització de la llum (del cel)<sup>7</sup>



A l'aigua del recipient hi afegim un poc de llet i observem què ocorre al feix de llum. Entre el focus i el recipient hi col·loquem un polaritzador per tenir llum polaritzada lineal.

Gira el polaritzador, perpendicularment al raig i observa i explica el que ocorre.

I si no utilitzem llet, sinó altra substància (sucre, per exemple), què ocorrerà?

### **CTS**

Per a què deuen utilitzar els pilots ulleres amb cristalls polaritzats?

### **El material**

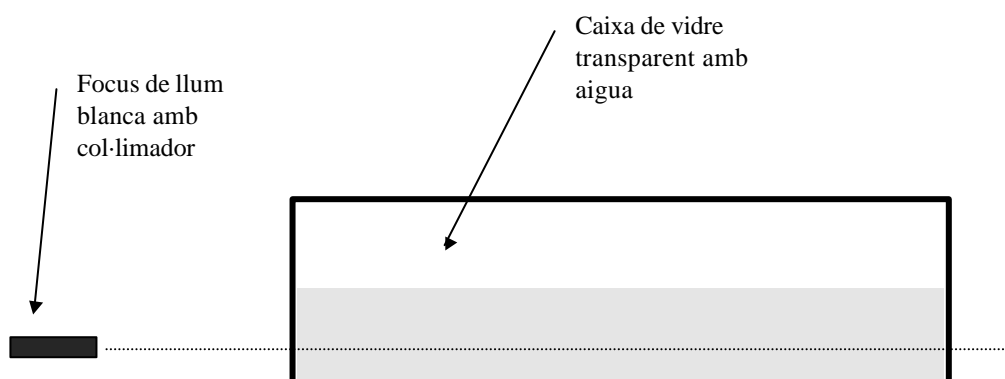
Una font lluminosa de qualsevol equip d'òptica. També podeu utilitzar la font lluminosa del projector de diapositives i una diapositiva negra amb un foradet.

Llet (no és una paraulota).

La caixa és de vidre transparent i parets planes. La base té unes dimensions de  $10 \times 60 \text{ cm}^2$ , i les parets laterals grans de  $60 \times 30 \text{ cm}^2$ . Aquest material ha costat 15 € en un taller de cristall. Les làmines estan apegades amb silicona.

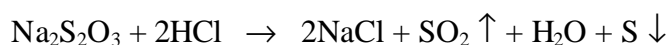
<sup>7</sup> Una variant d'aquesta experiència està suggerida en alguns llibres de Meteorologia, per exemple. BOHREN, G.F. (1987), *Clouds in a Glass of Beer. Simple Experiments in Atmospheric Physics*, John Wiley & Sons Inc., p.144-154.

## El color del cel<sup>8</sup>



Omplim el recipient amb uns 7 litres d'aigua i hi afegim uns 40 g de tiosulfat de sodi,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Després d'assegurar-nos que està dissolt, hi afegim uns 18 ml de HCl concentrat.

La reacció que hi té lloc és:



Des del moment que hi afegeixes el HCl, no deixes d'observar lateralment (es desprenen gasos  $\text{SO}_2$  per sobre) els canvis de color de la dissolució.

### *CTS*

Tracta de relacionar la física involucrada en aquesta experiència amb els diferents colors del cel: blau i roig-taronja quan es pon el sol.

### *El material*

Una font lluminosa de qualsevol equip d'òptica.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  i HCl

La caixa és de vidre transparent i parets planes. La base té unes dimensions de  $10 \times 60 \text{ cm}^2$ , i les parets laterals grans de  $60 \times 30 \text{ cm}^2$ . Aquest material ha costat 15 € en un taller de cristall. Les làmines estan apegades amb silicona.

---

<sup>8</sup> Aquesta experiència està suggerida en DD.AA. (1986) *A Potpourri of Physics Teaching Ideas*, American Association of Physics Teachers, p. 172.

## Enllaç químic

### Caracterització de substàncies

#### Solubilitat

Substàncies: iode, sofre, clorur de sodi, sucre i nitrat de potassi

Prepara una gradeta amb deu tubs d'assaig, cinc plens d'aigua destil·lada i cinc amb toluè. Prova la solubilitat de cada una de les cinc substàncies anteriors en l'aigua i el toluè (utilitza'n poca quantitat!).

Anota tot el que observes quant a la solubilitat. Tracta de donar una explicació o indica quina informació buscaries o quina experiència faries per tractar d'explicar-ho.

Busca en la bibliografia propietats de cada una d'aquestes substàncies.

#### Conductivitat

Quin muntatge faries per conèixer la conductivitat de les substàncies i dissolucions de la taula següent.

Substància	Conductivitat
Aigua destil·lada	
Toluè	
Etanol	
Acetona	
<b>Dissolucions</b>	
Clorur de sodi en aigua	
Sucre en aigua	
Iodur de potassi en aigua	
Sofre en aigua	
Sofre en toluè	
Nitrat de potassi en aigua	

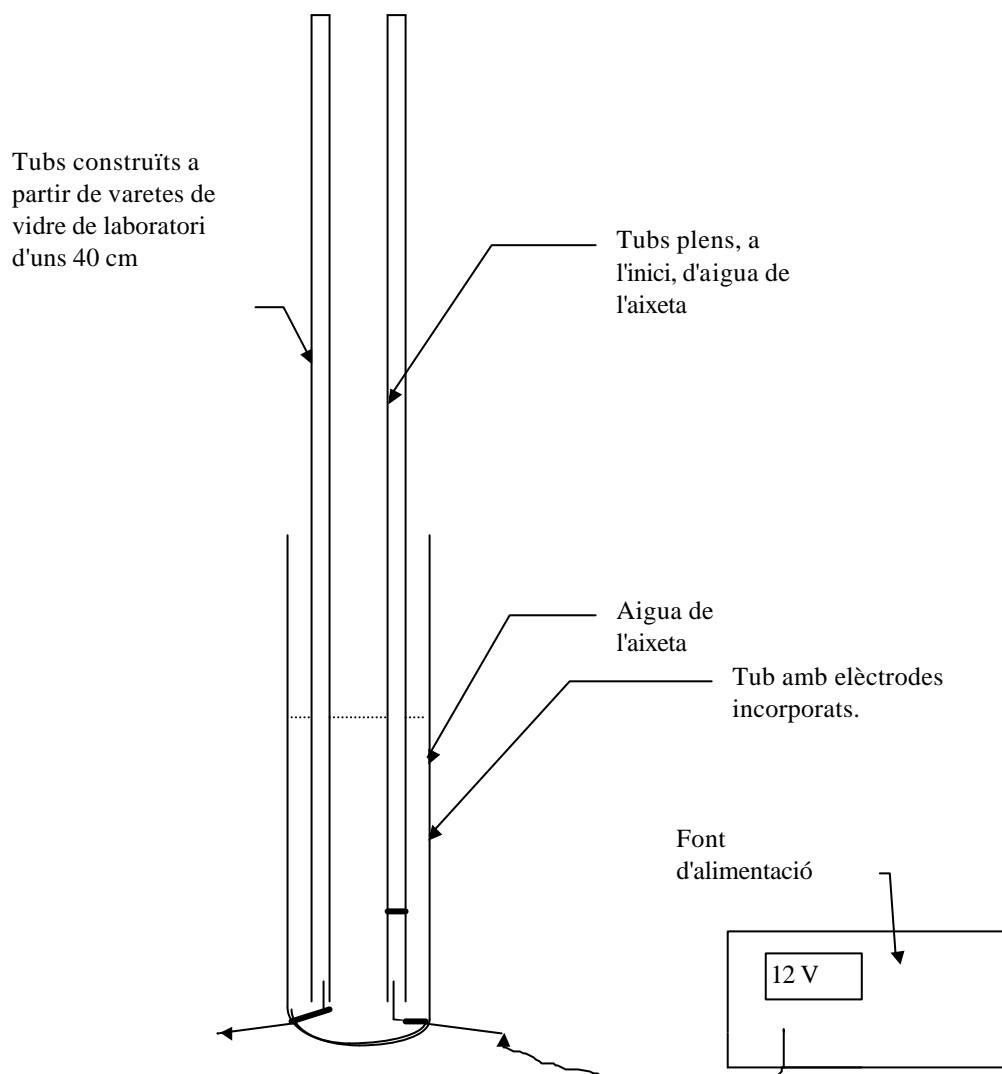
#### Punt de fusió

Completa la taula següent consultant bibliografia:

Substància	Iode	Naftalè	Sofre	Clorur de sodi	Sucre	$KNO_3$
P. fusió ( $^{\circ}C$ )						

Quina informació et donarien tots aquests resultats sobre el tipus d'enllaç de les molècules de les substàncies?

## Electròlisi de l'aigua



Després d'uns 40 minuts aproximadament, ja hi podem veure clarament que el volum del gas que es forma al càtode (-), és a dir el  $H_2$ , és el doble del que es forma a l'ànode (-),  $O_2$ .

## Enllaços

*S'han estudiat entre d'altres dos tipus d'enllaços: iònics i covalents. En estat sòlid els primers donen lloc a cristalls iònics i els segons, en alguns casos, a cristalls.*

Considerem del primer cas el permanganat de potassi,  $\text{KMnO}_4$ , i de substància molecular el iode.

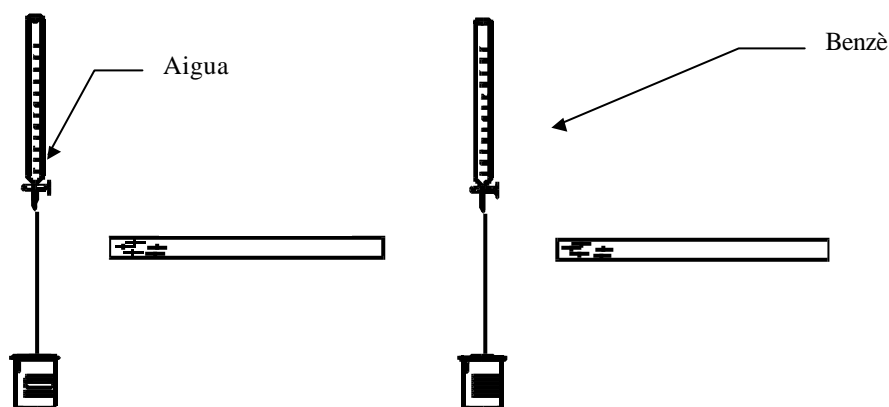
Sabem que el benzè és una substància orgànica apolar.

Dissenya una experiència per a comprovar quin és el dissolvent de cada substància. Tracta de preveure quina dissolució és conductora i quina no.

Utilitzant com a dissolvents aigua i benzè, dissenya un muntatge per comprovar si la dissolució de les substàncies anteriors,  $\text{KMnO}_4$  i  $\text{I}_2$ , és conductora.

Després de justificar les teues respostes i dissenyar els muntatges corresponents, fes les experiències.

Què preveus que passarà si apropem la vareta carregada de la figura al doll d'aigua i després al de benzè? Com explicaries la teua resposta?

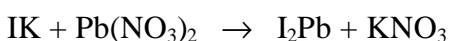


## Conservació de la massa

### Experiència 1 (pluja d'or)

Prepara dues dissolucions d'uns 25 ml aproximadament, una de iodur de potassi, KI, i l'altra de nitrat de plom,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Cal que peses tots el compostos i dones el percentatge en pes de cada una de les dissolucions.

Sabem que el iodur de potassi i el nitrat de plom reaccionen per a donar dos compostos nous: iodur de plom,  $\text{I}_2\text{Pb}$ , i nitrat de potassi,  $\text{KNO}_3$ , és a dir:



Sabent que disposes d'una balança, dissenya una experiència per a mostrar la conservació de la massa en aquesta reacció química.

### Experiència 2

Pesa un erlenmeyer amb uns quants ml d'aigua, un tap i una aspirina efervescent. Després introdueix l'aspirina en l'erlenmeyer i tapa'l immediatament. Pesa-ho tot novament. Descriu el que observes i tracta d'explicar-ho.

Què podríem demostrar amb aquesta experiència?

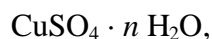
## Determinació de l'aigua d'hidratació del sulfat de coure

Sovint s'associa l'aigua en una substància amb la humitat, o al fet que aquesta substància pugui estar mullada. Tanmateix, algunes substàncies inclouen molècules d'aigua dins de la seua estructura. Aquestes molècules d'aigua que no es poden eliminar per un simple asseccament de la substància i que formen part de l'estructura del compost reben el nom d'*aigua d'hidratació*, i els compostos, compostos d'hidratats. El sulfat de coure és un d'aquests compostos que incorporen molècules d'aigua a la seua estructura.

El nombre de molècules d'aigua d'hidratació per molècula de compost no hidratat ha de ser un nombre enter. És a dir, podran haver-hi 1,2,3,... molècules d'aigua per cada molècula de sulfat de coure, o com a màxim haurà d'haver-hi una relació senzilla (dos molècules d'aigua per cada tres de sulfat), com ocorre en la fórmula dels compostos químics amb la relació entre àtoms (per exemple, l'aigua té dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen; l'òxid de ferro (III) té tres àtoms d'oxigen i dos de ferro, etc.).

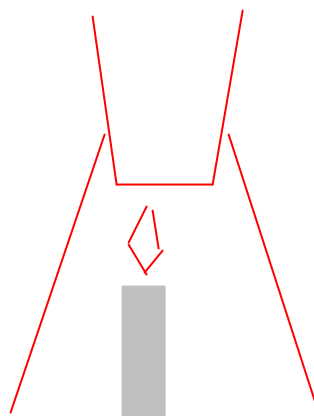
L'objectiu de l'experiència és calcular el nombre de molècules d'aigua d'hidratació del sulfat de coure.

La fórmula del sulfat de coure hidratat serà:



on  $n$  és el nombre que cal trobar.

En un gresol buit, introdueix entre 5 i 8 g de sulfat de coure hidratat



Quin color té el sulfat de coure hidratat?

Quin color té el sulfat de coure anhidre, és a dir, sense aigua d'hidratació?

Una vegada que s'ha refredat el gresol, afegeix-hi unes gotes d'aigua. Què ocorre? Per què?

Que passa amb la temperatura del sulfat de coure en afegir-hi aigua a poc a poc? Que creus que esta passant?

Ara dissenya detalladament tots els passos necessaris per a calcular el valor de  $n$ . Fes a continuació l'experiència.

### **CTS**

Els compostos hidratats (en particular les sals) són molt abundants en la natura; encara més, la major part de les sals formen compostos hidratats. El nombre de molècules d'aigua pot variar d'un compost a un altre, i fins i tot dins d'un mateix compost, depenent de les condicions de pressió i temperatura. L'algeps, per exemple, és sulfat de sodi amb dues molècules d'aigua d'hidratació.

### **Una aplicació**

Una aplicació curiosa és, per exemple, la que fan els químics orgànics quan utilitzen sals anhidres per a *assecar* compostos líquids que no es poden escalfar.



## Càlcul quantitatiu d'una reacció química

La reacció que considerarem és la reacció entre el iodur de potassi i el nitrat de plom (II). Com a productes, apareixen el iodur de plom (II), insoluble, i el nitrat de potassi.

Escriu la reacció i ajusta-la.

Pesa una quantitat de iodur de potassi (uns 2 g) i calcula la quantitat de nitrat de plom (II) necessari per a una reacció completa.

Sabem que, en general, una de les substàncies reaccionants està en excés. En el teu cas, després de fer les pesades i càlculs, quina substància està en excés i en quina quantitat?

Calcula les quantitats de productes que s'ha de produir.

Recorda que la reacció es produeix en fase aquosa. Per què? Mescla tots dos productes en uns 50 ml d'aigua destil·lada.

Com separaries el producte que precipita? Què fariem per conèixer la massa d'aquest precipitat?

Comprova si la quantitat obtinguda coincideix amb el valor calculat teòricament i determina el percentatge d'error.

### *CTS*

El càlcul exacte de les reaccions químiques és un aspecte molt important en tots els processos químics. Òbviament, el coneixement previ de les quantitat exactes de reactius que són necessaris en un procés permet estalviar molts esforços i diners, que es gastarien en afegir quantitats innecessàries de productes.

Per altra banda, encara que un procés pugui funcionar en gran varietat de condicions, sempre es tracta de cercar aquelles que siguin més beneficioses tant des del punt de vista del rendiment de la reacció o del procés com del impacte en el medi ambient. Així, per exemple, el motor d'un cotxe pot funcionar amb diferents quantitats d'aire (en el moment de la redacció d'aquest treball l'aire encara és gratis), però es busca mesclar la benzina amb l'aire perquè la combustió genere la màxima potència i la mínima quantitat de gasos contaminants.

## Reaccions

Ens diuen que el sulfat de coure,  $\text{CuSO}_4$ , reacciona amb el ferro, Fe, per a donar els productes sulfat de ferro (II),  $\text{FeSO}_4$ , i coure, Cu.

Escriu l'equació química corresponent.

Arreplega informació

De la biblioteca.

D'Internet: <http://chemfinder.camsoft.com>.

De productes químics del laboratori, etc.

A partir de la informació trobada, completa la taula següent:

<i>Substància</i>	<i>Color</i>	<i>Tipus d'enllaç</i>	<i>Soluble en aigua (Sí/No)</i>	<i>Color de la dissolució</i>	<i>Altres proprietats</i>

Si el sulfat de coure reacciona amb el ferro per a donar sulfat de ferro (II) i coure...

Què esperes observar després d'un temps si a una dissolució de sulfat de coure hi has afegit ferro?

Com podríem augmentar la velocitat de la reacció?

Com podries comprovar, passat un temps, si et queda ferro en la dissolució on l'has afegit abans?

Com podries comprovar que els productes obtinguts són els previstos? Dissenya una experiència.

Per a què podria ser útil conèixer aquesta reacció?

## Procediments per a separar els components de les mescles següents

### a) Alcohol del vi

Al laboratori has comprovat que la temperatura d'ebullició de l'aigua és de 100°C, i la de l'alcohol etílic, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH, és de 78°C.

El vi és una mescla dels components de la qual són fonamentalment aigua i alcohol etílic.

Dissenya ara una experiència per a separar l'alcohol del vi.

### b) Clorur de sodi, NaCl, diòxid de silici (arena), SiO<sub>2</sub>, i iode, I<sub>2</sub>, tenint en compte les propietats de la taula següent<sup>9</sup>:

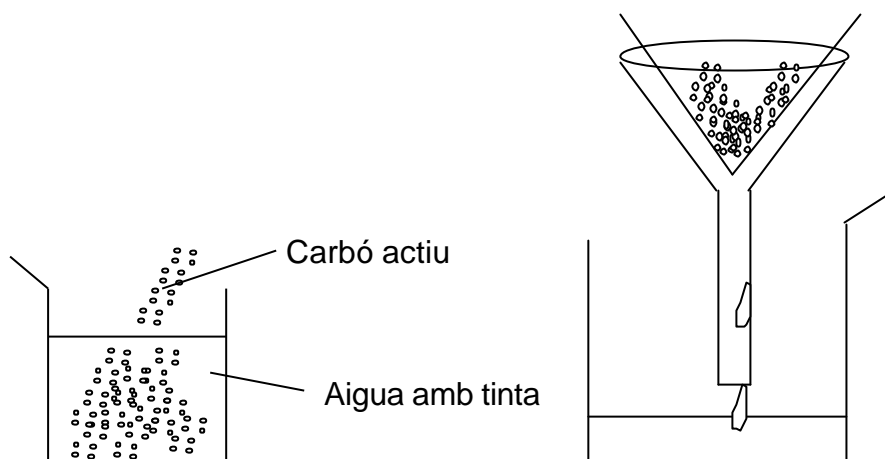
<i>Substància</i>	<i>Solubilitat</i> (a 25°C en 100 g d'aigua)	<i>P. fusió (°C)</i>	<i>Aspecte</i>
NaCl	35	801	cristalls blanc
SiO <sub>2</sub>	insoluble	1600	cristalls blancs
I <sub>2</sub>	0,0956	113	cristalls negres

<sup>9</sup> CALATAYUD, M. L., et al. (1996), *Física y Química 1º Bachillerato*, Ed. Octaedro, p. 87.

## Adsorció

L'adsorció és el procés d'adhesió dels àtoms o les molècules d'una substància (adsorbat) en la superfície d'una altra (adsorbent). L'adsorció és una tècnica de separació.

En un vas de precipitat, vessa uns 30 ml d'aigua i una gota de tinta. Afegeix-hi una o dues cullerades de carbó actiu, agita la mescla i filtra-la.



Explica:

- Com podem explicar el que ocorre?
- Quines característiques creus que tindrà el carbó actiu? Podríem utilitzar qualsevol altre carbó?
- Es podria reciclar el carbó actiu utilitzat?

### CTS

L'adsorció és una operació força freqüent en la vida quotidiana. Apareix en els filtres d'algunes aixetes, en depuradores d'aigua i aire, en sistemes d'eliminació d'olors (plantilles Devorolor). Fins i tot s'utilitza en medicina: si hom pren alguna substància tòxica, unes cullerades de carbó actiu poden salvar-li la vida.

### Nota històrica

L'ús del carbó actiu es coneix des de l'antiguitat. En l'any 2650 abans de la nostra era, els egipcis utilitzaren carbó actiu per a pintar en les parets del sepulcre de Perneb. Hipòcrites (400 abans de la nostra era) recomanava filtrar l'aigua amb fusta carbonitzada. El primer ús conegut com a adsorbent de gas es va fer el 1793, quan D.M. Kehl's l'utilitzà per eliminar olors desagradables produïdes per la gangrena.

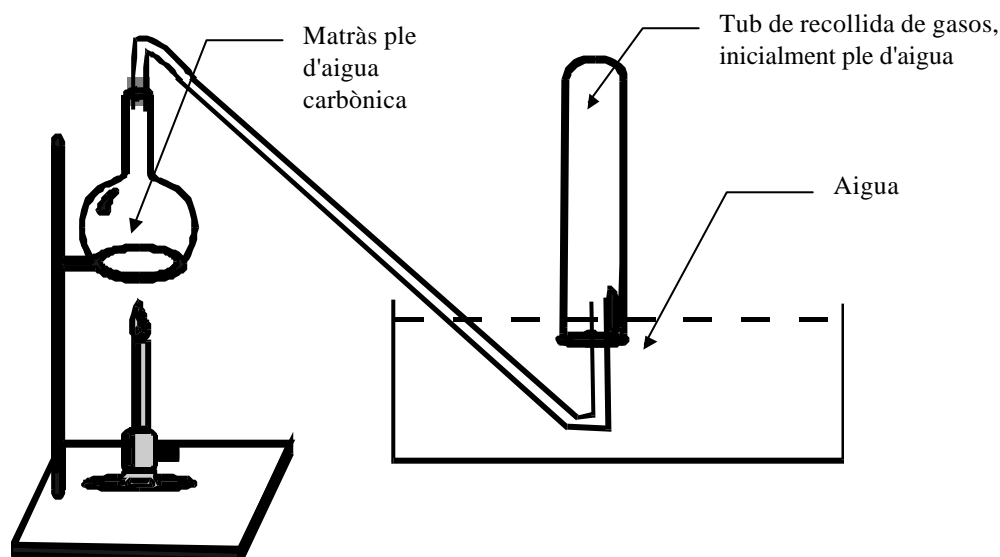
Una gran part del carbó actiu s'obté a partir de residus agrícoles (closques de coco o d'ametla); s'obté així un doble benefici en eliminar un residu.

## Dissolucions gas/líquid. Recollida de gasos. Llei de Henry

De què dependrà la concentració de diòxid de carboni, CO<sub>2</sub>, en aigua?

Representa, de manera aproximada, la variació de la concentració d'aquest gas en funció de les variables que has introduït en l'apartat anterior.

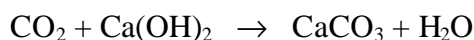
El següent és un muntatge elemental per a la recollida de gasos. Abans de fer la pràctica, fes una relació d'avantatges i inconvenients en l'aplicació a la recollida del CO<sub>2</sub>.



### Identificació del biòxid de carboni

Prepara **aigua de calç**,<sup>10</sup> és a dir, una dissolució d'hidròxid de calci, Ca(OH)<sub>2</sub>, en aigua.

El tub provenint del matràs, fes-lo bombollear directament en la dissolució d'aigua de calç col·locada en un vas de precipitat o en una botella de rentar gasos. La reacció que hi té lloc és:



Com expliques el canvi de coloració que s'hi observa?

### CTS

<sup>10</sup> Preparació d'**aigua de calç**: en un vas de precipitat, posa una cullerada de calç viva (òxid de calci, CaO). Afegeix-hi aigua destil·lada i filtra-ho. El líquid s'anomena aigua de calç i ha de quedar incolor.

S'hi produeix la reacció  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ .

L'aigua de Seltz, la de Vichy, i les aigües carbòniques són unes dissolucions aquoses del gas efectuades a 3-4 atmosferes. Investiga com es forma una estalagmita. Investiga com funciona el mecanisme de la cervesa de barril. D'on obtenen les algues el  $\text{CO}_2$  de la fotosíntesi? Quines implicacions està tenint la emissió de  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera?

#### **Nota històrica**

El  $\text{CO}_2$  el va descobrir el 1648 Van Helmont. Durant els segles *XVII* i *XVIII* fou estudiat per molts científics com ara Black, Priestley i Lavoisier, amb noms diversos *gas silvestre*, *aire fix*, etc.

## Duresa de l'aigua

L'aigua que conté en dissolució quantitats apreciables de compostos de Ca i Mg s'anomena *aigua dura* (el nom prové de l'acció química d'aquests compostos sobre el sabó, ja que originen una substància insoluble). Els compostos de Ca i Mg en l'aigua apareixen sempre com clorurs, bicarbonats, o sulfats.

Una manera d'eliminar les sals de Ca o Mg de l'aigua consisteix a transformar-les en carbonats. Els carbonats de Ca i Mg són molt insolubles en aigua i, per tant, podran separar-se'n per filtració.

Prepara un dissolució de carbonat de sodi i mescla-la amb una altra dissolució de sulfat de calci. Describeu el que observeu i intenta escriure la reacció que s'estarà produint.

### CTS

La duresa de l'aigua és un paràmetre molt important en molts processos en què intervé l'aigua. Una aigua dura impedeix la formació de bromera, cosa que dificulta el rentat. El  $\text{CO}_2$ , en contacte amb l'aigua (tots expulsem  $\text{CO}_2$  en respirar), pot produir que els bicarbonats es convertisquen parcialment en carbonats, produint el que es coneix per calç, la qual ocasiona incrustacions en les canonades. Els pH elevats (bàsics, i en general majors de 7) afavoreixen la formació de carbonats a partir de bicarbonats –comproveu amb indicador universal quin és el pH aproximat de l'aigua de l'aixeta d'Elx.

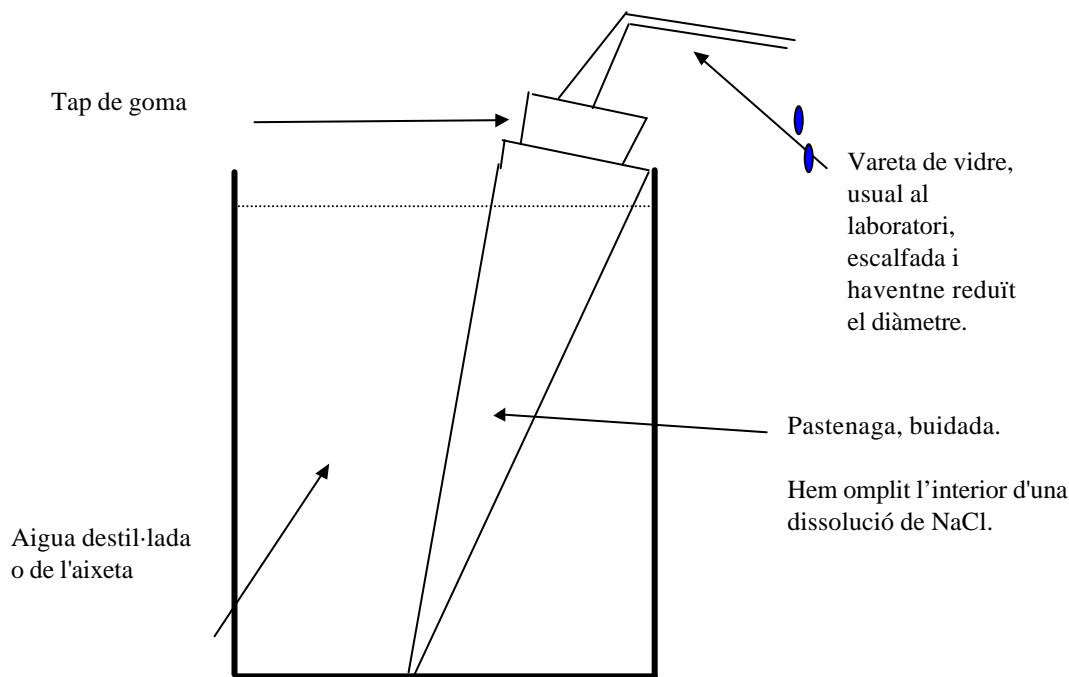
En calderes, la presència d'incrustacions de calç pot arribar fins i tot a produir explosions. L'augment de la temperatura també afavoreix la formació de carbonats, malmetent les resistències de rentadores, rentaplats, etc.



## Osmosi

S'anomena osmosi el pas de dissolvent d'una dissolució a una concentració més gran, quan està separada per una membrana semipermeable.

Hem fet el muntatge següent, inspirat per la bibliografia consultada:



Cal que sigues pacient, però l'espectacularitat del resultat val la pena. Mentre, pots fer un treball sobre el fonament de les plantes potabilitzadores basades en el principi d'osmosi inversa.

### CTS

***Si per error (o mogut per extrema necessitat) hom rega la planta d'un test amb aigua salada, aquesta esdevé mústia. Quina en pot ser la causa?***

Com que la concentració en sal és major a l'exterior que a l'interior de la planta, l'aigua de les vacuoles ix a l'exterior a través de la membrana semipermeable per a equilibrar les concentracions; la planta es buida i presenta l'aspecte músti.

Per què algunes plantes toleren aigües amb alt contingut en sal: tamarits, plantes barreleres, etc.?

***Si deixem les anxoves en salmorra molt de temps, observem que han encongit i estan molt seques. Com podem explicar-ho?***

Els teixits de les anxoves tenen certa quantitat d'aigua salada; en estar submergides en un medi amb una concentració major en sal (hipertònic), l'aigua de les cèl·lules ix a l'exterior per a equilibrar les concentracions i, conseqüentment, les anxoves presenten un aspecte sec.

***Per què s'utilitza sal per a la conservació d'aliments, com ara bacallà, pernils, etc.?***

Una vegada més, trobem l'explicació en l'efecte osmòtic. La sal, en altes concentracions, elimina la humitat d'aquests aliments, cosa que impedeix que es desenvolupen microorganismes.

***Recobrim una rodanxa de taronja amb pols de sucre. Què hi observem? Com s'explica?***

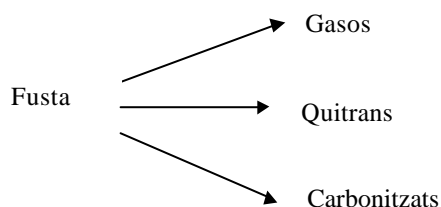
El sucre dóna lloc a una dissolució saturada en l'exterior. Com a conseqüència, s'origina un corrent de suc de l'interior de la rodanxa cap a fora.

Què passaria si, a més, augmentem la temperatura? Què ocurriria si en lloc de sucre utilitzem sal?

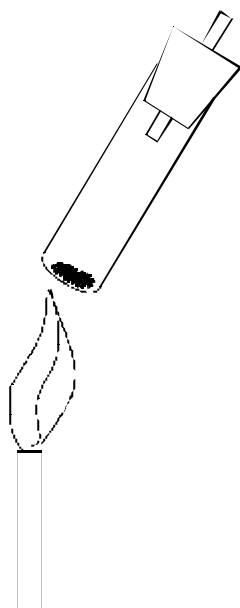
## Piròlisi

La piròlisi és la descomposició tèrmica de la matèria orgànica en una atmosfera inert (en absència d'oxigen o amb un baix contingut d'aquest).

Quan la matèria orgànica s'escalfa, es descompon en un gran nombre de productes que es poden agrupar d'acord amb les reaccions següents:



Escalfa, en un muntatge semblant al de la figura, una petita quantitat de serradures de fusta. En començar a eixir gasos pel tub superior, apropa-hi la flama d'un encenedor.



Què observes? Quina explicació hi donaries?

Tenint en compte el que has observat, suggereix possibles aplicacions de la piròlisi.

### CTS

Sabem que els egipcis pirolitzaven la fusta per obtenir carbó, un quitrà fluid i àcids pirolignosos que utilitzaven per a embalsamar. Els xinesos, grecs i romans obtenien carbó vegetal mitjançant la piròlisi i arreplegaven també líquids que utilitzaven per a impermeabilitzar vaixells de fusta. En l'Anglaterra feudal, el mètode d'obtenció de carbó a través de la piròlisi fou gelosament guardat i sols transmés de pares a fills.

En l'actualitat, la piròlisi s'utilitza amb diferents finalitat. Si es vol obtenir el carbonitzat, s'anomena *carbonització*. El carbó així obtingut és el que s'utilitza en les barbacoes, i és una matèria excel·lent per a l'obtenció de carbó actiu.

Si hom vol obtenir la fracció líquida sol anomenar-se *destil·lació destructiva*. Se n'obté un quitrà que permet, mitjançant el craqueig, obtenir gran varietat de compostos químics, olis i benzines. Per altra banda, la fracció gasosa proporciona un combustible de poder calorífic mitjà, a més d'hidrocarburs lleugers de gran importància.

Entre els avantatges potencials de la piròlisi cal esmentar el reciclatge (eliminació) de residus agrícoles i forestals, residus sòlids urbans, etc., per a l'obtenció de nous productes químics reutilitzables. L'encariment d'aquests processos davant l'obtenció del mateixos productes a partir del petroli i la generació de substàncies no desitjades i contaminants en són, per ara, el principal obstacle.

## Determinació de la velocitat de les molècules de CO<sub>2</sub>

Modificacions:<sup>11</sup>

Hem utilitzat un embut de decantació.

Cal substituir el tap de l'embut per un de suro que encaixe bé.

Tot i que la densitat del CO<sub>2</sub> és major que la de l'aire, suggerim omplir l'embut de decantació començant per baix i elevat lentament l'extrem de la goma.

La bomba de buit l'hem substituïda per la trompa de buit.

Cal anar en compte en desconnectar la trompa del corrent d'aigua a fi d'evitar esquitxades i, ocasionalment, una inversió del flux que acabe introduint aigua en l'embut de decantació.

---

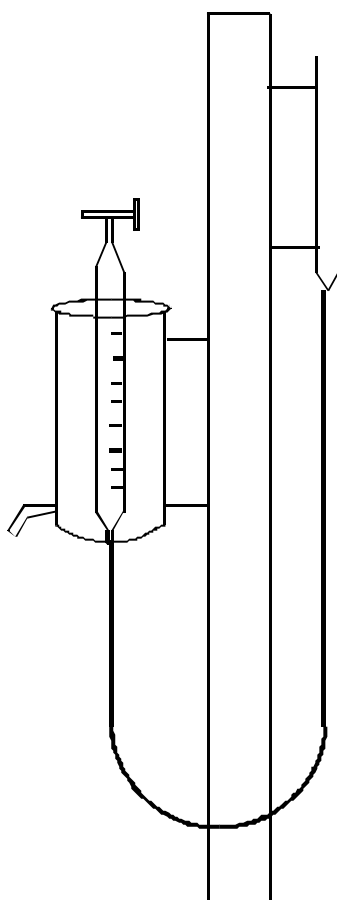
<sup>11</sup> DRAGIA, T.I. (1996), "Measuring The Speed of Molecules in a Gas", en *The Physics Teacher*, vol. 34, maig, p. 278-279.

## Boyle i Mariotte

La llei de Boyle i Mariotte estudia la relació entre la pressió i el volum dels gasos perfectes a temperatura constant. La llei diu:

$$P \cdot V = ct.$$

Per comprovar experimentalment aquesta llei usarem el dispositiu experimental següent:



Amb les branques de mercuri igualades, tanca la vàlvula per tal de tancar un volum determinat d'aire. Apunta l'altura de cada una de les branques de mercuri. Tot seguit varia l'altura de la branca de la dreta progressivament (a intervals d'un centímetre, per exemple). Per a cada variació de l'altura del mercuri, apunta el nou volum de gas i la diferència d'altures de les branques de mercuri.

Es recomana començar amb les dues branques el més baixes possible i anar pujant la branca de la dreta progressivament.

Per tal de mesurar bé l'altura del mercuri utilitza un full de paper (o similar) que permeti comparar l'escala graduada amb l'altura del mercuri.

Si calcules el producte de la pressió a la qual està sotmès el gas pel volum d'aquest, el producte ha de ser constant (veges la nota al final\*).

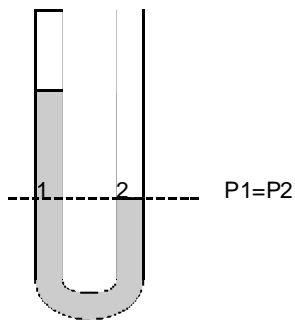
¿Per què se suggereix començar amb les dues branques en la part més alta?

¿Hi hauria alguna manera de què el gas estiguera en algun moment a pressió menor que l'atmosfèrica?

### **CTS**

La capacitat de compressió dels gasos és un fenomen habitual utilitzat per emmagatzemar-ne, per exemple en les bombones dels bussos. El coneixement exacte de les lleis dels gasos és molt important perquè permeten calcular la quantitat de gas que es pot emmagatzemar o que pot suportar un recipient. El butà usat en les cases de forma habitual és un gas a pressió tan alta que s'ha arribat a liquidar.

### **\* Nota**



$$P = P_{\text{atm}} + \rho g \Delta h$$

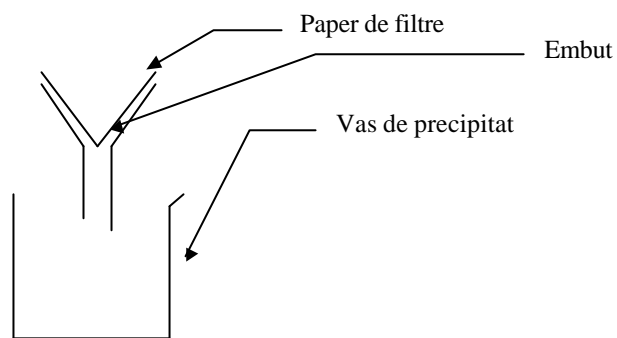
## Cromatografia

*La cromatografia és una tècnica de separació*

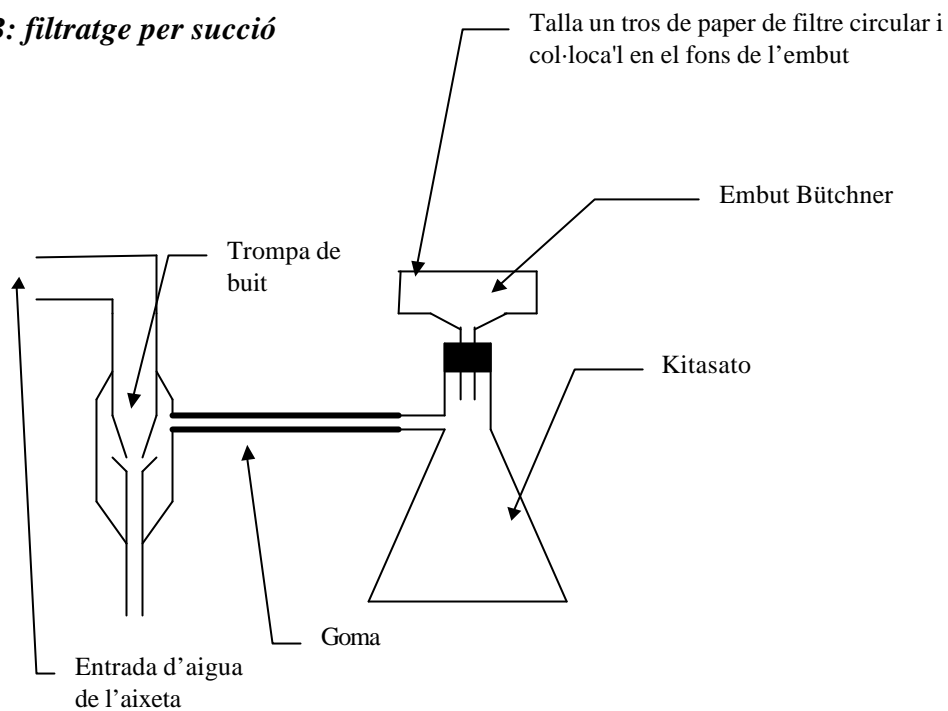
Tritura unes fulles de julivert o espinacs, afegeix un poc d'arena de platja al morter mentre ho tritures.

Afegeix-hi uns 5 cm<sup>3</sup> d'alcohol etílic, CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH, i filtra-ho.

*Opció A: filtratge a pressió atmosfèrica*



*Opció B: filtratge per succió*



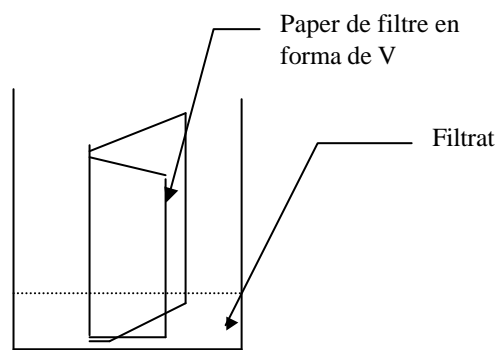
Per què se suggereix afegir-hi arena?

Quina serà la funció de l'alcohol etílic?



Quina diferència hi ha entre les distintes opcions de filtrar? Quina és la més respectuosa amb el medi ambient?

En el filtratge col·loca un tros de paper de filtre en la forma que s'indica en la figura següent, o una altra que tu proposes.



Després d'un temps observa el paper ( **cromatograma**). Com classificaries la substància obtinguda de les fulles: element químic, compost mescla heterogènia o mescla homogènia (=dissolució)?

Dóna una explicació, des del punt de vista fisicoquímic actual, del que observes.

Reflexeix en el quadern el cromatograma obtingut i les respostes a les qüestions anteriors.

### **CTS**

Segurament has vist unes camisetes que semblen tacades de diferents colors. Aquestes camisetes són exemples de cromatogrames.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> BUCCIGROSS, Jeanne M (1992), *Journal of Chemical Education, T-Shirt Chromatography*, vol. 69, 12 de desembre, p. 977-978.

## Massa molecular d'un gas

Suposarem comportament ideal del gas i, per tant, aplicable la relació  $PV = nRT$ .

- A) Disposes d'una balança electrònica, un màquina de fer el buit, un recipient que pots fer hermètic amb una clau i una font de gas del qual vols determinar la massa molecular.

Dissenya una experiència per a calcular la massa molecular.

- B) Suposem ara que en concret es tracta de determinar la massa del diòxid de carboni,  $CO_2$ . Quin muntatge faries al laboratori per a generar  $CO_2$  amb productes químics usuals?

Disposes d'una balança electrònica, un embut de decantació, una trompa de buit i la font anterior de  $CO_2$ . Aplica el disseny general anterior per a determinar la massa molecular del diòxid de carboni i amb aquest instrumental.

### CTS

J.B.A. Dumas (1800-1884) i V. Meyer (1848-1897) proposaren, respectivament, els mètodes que porten els seus noms per a la determinació de la massa molecular de substàncies gasoses. El mètode Dumas es basa en el coneixement de la massa d'un volum conegut, i el mètode Víctor Meyer consisteix a obtenir el volum d'un gas produït per una massa de substància coneguda.<sup>13</sup>

### *Nota per al professorat*

#### Mètode 1

El  $CO_2$  l'hem generat amb una dissolució al 20% aproximadament de HCl gotejant sobre carbonat de sodi,  $Na_2CO_3$ . Hem intercalat un llavador amb àcid sulfúric. Pot ser interessant comentar amb l'alumnat la funció dels llavadors.

Hem utilitzat un embut de decantació de 250 ml. L'hem omplit amb  $CO_2$  i l'hem dipositat directament dins de l'embut la goma provinent de la font. Cal fer notar els alumnes que aquesta forma d'arreglar el gas ja suposa conèixer la massa molecular (densitat).

La pesada de l'embut ple de  $CO_2$  va ser de  $m = 150,889$  g

---

<sup>13</sup> Trobaràs informació detallada en BABOR, J. i IBARZ, J. (1977), *Química general moderna*, Ed. Marín, p. 96-97.

Aplicarem la trompa de buit i després de tancar novament l'embut el pesarem, registrant  $m' = 150,486$  g.

La massa del  $\text{CO}_2$  extret és  $(m - m') = 0,403$  g. El volum que ocupava el determinem introduint l'embut de decantació en aigua i obrint la clau i esperant que s'iguali la pressió interior amb l'exterior. El volum d'aigua que entra, en el nostre cas  $V = 220$  ml, és el volum que cercàvem.

Tenint en compte les dades baromètriques i de temperatura del laboratori, hem obtingut:

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{(150,889 - 150,486) \cdot 0,082 \cdot 294}{1 \cdot 0,220} = 44,16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

## **Mètode 2**

Pesa l'embut de decantació obert, és a dir, ple d'aire a la pressió ambient,  $m' = 150,772$  g.

Pesa l'embut ple de  $\text{CO}_2$ ,  $m = 150,889$  g.

El volum total de l'embut de decantació és de 250 ml.

Introdueix la correcció de l'aire,

$$\text{massa} \cdot \text{aire} = \frac{pVM_a}{RT} = \frac{1 \cdot 0,250 \cdot 28,96}{0,082 \cdot 294} = 0,30 \text{g}$$

on  $M_a$  és massa molecular fictícia de l'aire.

La massa total de  $\text{CO}_2$  dels 250 ml serà igual a  $(150,889 - 150,772) + 0,30 = 0,466$  g. Per tant,

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,466 \cdot 0,082 \cdot 294}{1 \cdot 0,250} = 44,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

El resultat que cal esperar és de 44 g/mol.

És interessant reflexionar sobre les possibles causes de la diferència entre els valors obtinguts i el corresponent a les taules i tractar de justificar-la:

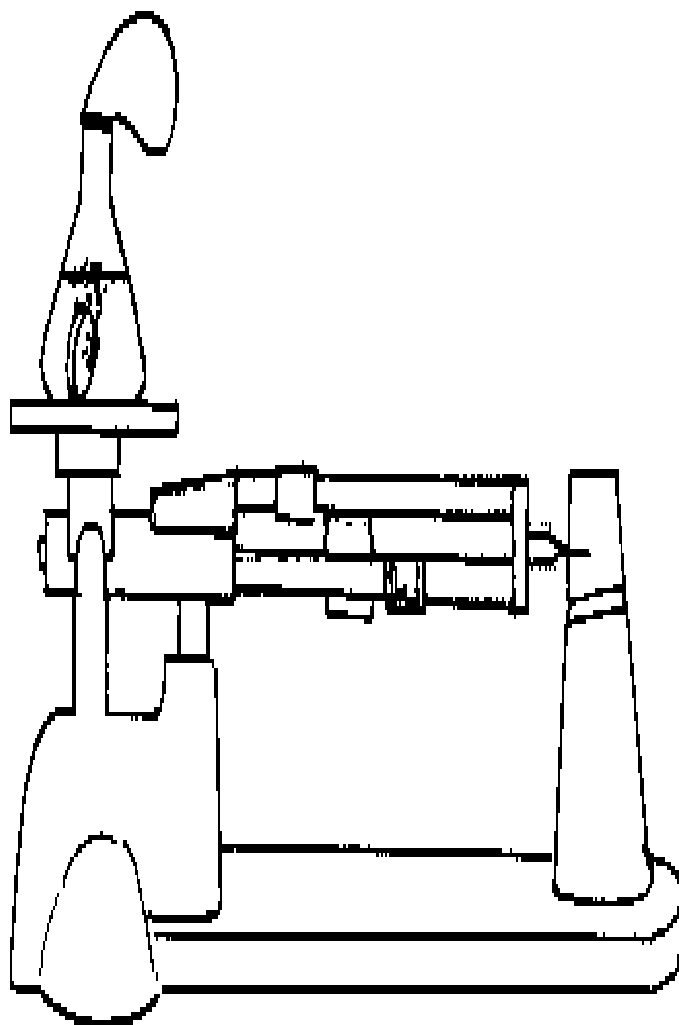
No ha estat aplicat el càlcul d'errors.

Cal assegurar l'hermeticitat del vas de decantació.

El vas de decantació ha d'estar sec.

Els valors de la  $p$  i  $T$  han de ser realment els dels gasos.  
És possible la introducció de vapor en aplicar la trompa de buit.  
Utilitza un recipient més gran per a disminuir l'error. Etc.

## Una experiència que no funciona com diuen

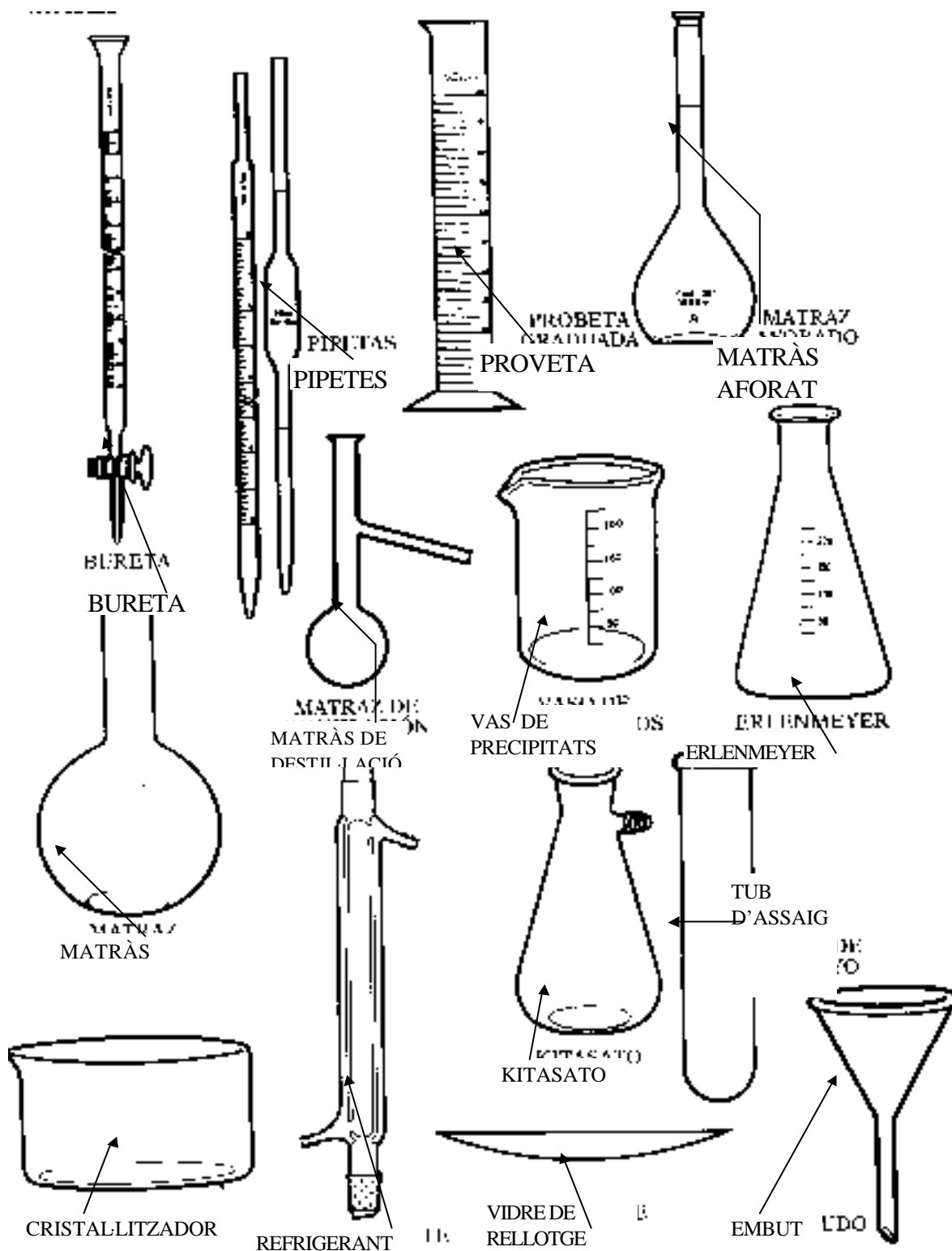


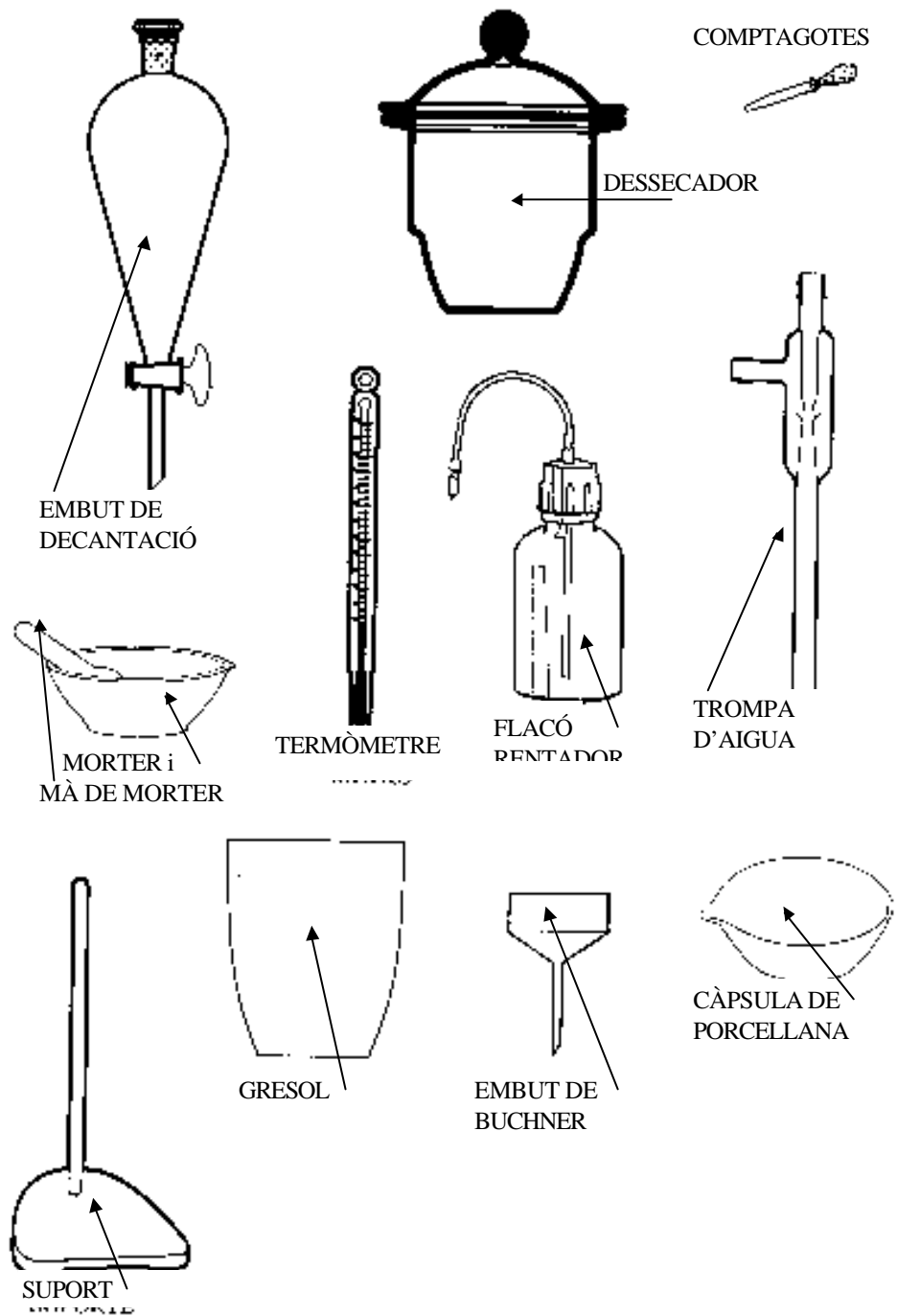
El muntatge anterior se suggereix en molts textos en abordar l'estudi de la llei de conservació de la massa: una balança, un erlenmeyer amb aigua i un globus dins del qual inicialment es col·loca una aspirina efervescent i s'uneix a l'erlenmeyer. Es pesa tot.

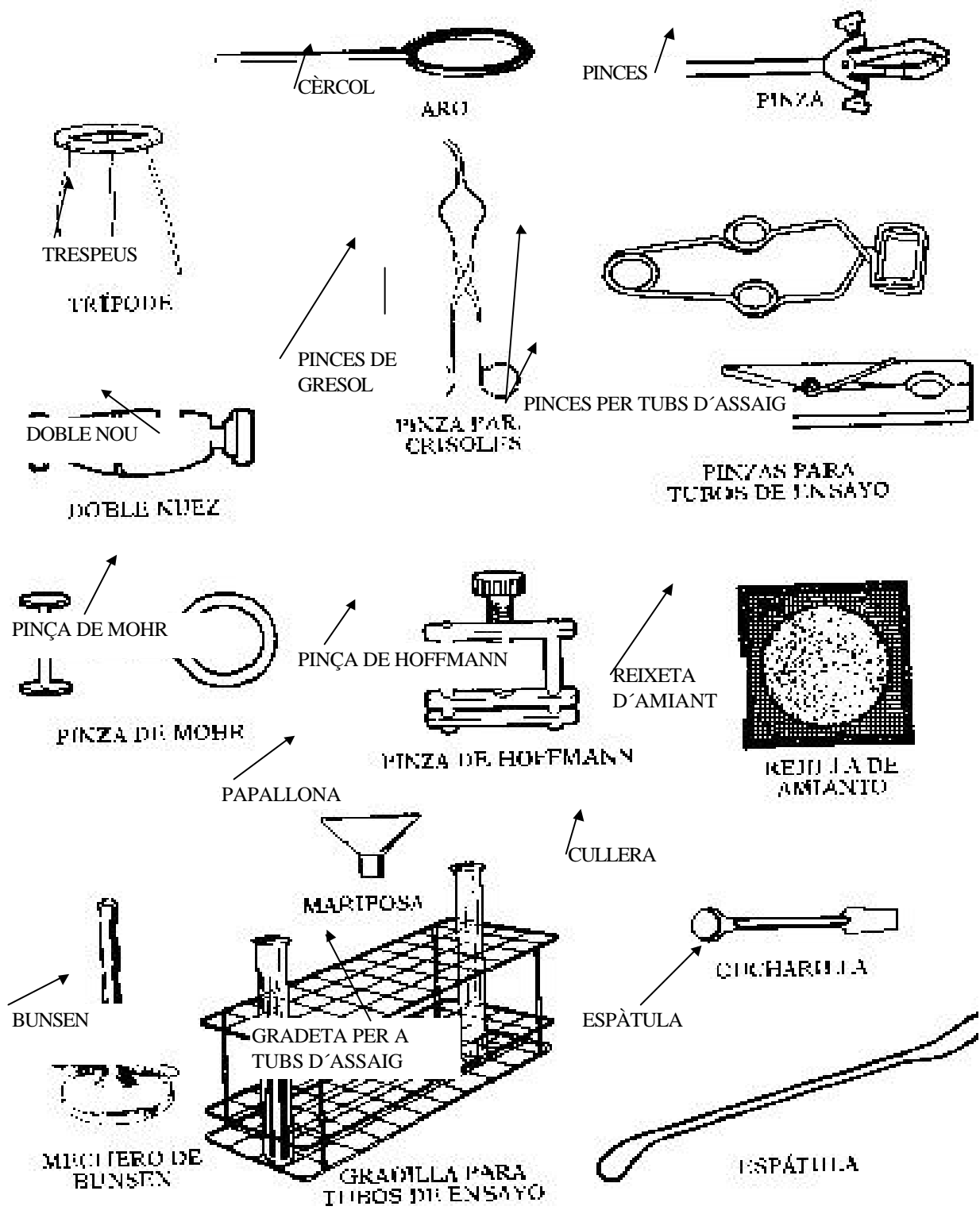
Es deixa caure l'aspirina, tapat l'erlenmeyer amb el globus. Aquests llibres diuen que la balança ha de registrar la mateixa massa.

Què esperes que registre la balança a mesura que s'infla el globus?

Robert, com que aquestes figures es van fer fa anys, quan no teníem l'experiència d'avui, preferesc no obrir-les. Quan tu ho faces, podràs introduir els canvis que s'han de fer :)  
 Albert 16-4-2









## **Bibliografia**

- DD. AA. (1987), *Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*, EDHASA.
- DD. AA. (1981), *A Potpourri of Physics Teaching Ideas*, American Association of Physics Teachers.
- ÁLVAREZ, M., et al. (1993), *Técnicas básicas de laboratorio de química*, Ed. Akal.
- ARONS, A.B. (1990), *A Guide to Introductory Physics Teaching*, John Wiley & Son.
- ARONS, A.B. (Citado en ROCHE, J. (1996) "Speaking clearly about physics education", *Physics World*, 9, 10, 44-45).
- BARBERÁ, O. i VALDÉS, P. (1996), "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión", *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 3, 365-379.
- CUELLO, J. i VIDAL, Antonia (1987), *22 tècniques per al laboratori escolar*, Ed. Guix.
- DI STEFANO, R. (1996) "Student's reactions to in-class demonstrations and to the presentation of coherent theme", *Am. J. Phys.* 64, 1.
- DRIVER, Roselind, et al. (1985), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Morata.
- FONTAN, M. (1994), "La experiencia es la hija de la ciencia", *Revista Española de Física*, 8, 1, 60-61.
- FREIER, G.D. i ANDERSON, F.J. (1981), *Demonstration Handbook for Physics*, American Association of Physics Teachers.
- GIGLI, A. (1981), *La luz que dibuja. Los secretos de la fotografía*, Fuenteantigua.
- GIGLI, A. (1981), *Juguemos con el fuego*, Fuenteantigua.
- GIL, D. et al. (1980), *Trabajos prácticos de química como pequeñas investigaciones*, ICE-València.
- GIL, D. (1993), "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación", en *Enseñanza de las ciencias*. 11,2, 197-212.
- GONZÁLEZ, M. (1992), "¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?", en *Enseñanza de las ciencias*, 10, 2, 206-211.
- GRAF, R. (1987), *Juegos y experimentos eléctricos (fáciles e inofensivos)*, Labor.
- HEWITT, P.G. (1995), *Conceptual Physics*, Addison-Wesley.
- HIERREZUELO, J. i MONTERO, A. (1991), *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y química*, ELZEVIR.
- HODSON, D. (1994), "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio", en *Enseñanza de las Ciencias*, 12, (3), 299-313.
- IZQUIERDO, Mercè (1996), "Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de la ciencia", en *Alamabique*, 8, abril, 7-21.
- JÜRGEN, H. (1981), *Experimentos con la ciencia*, Fuenteantigua.
- LÓPEZ, V. (1981), *Técnicas de laboratorio*, Edunsa.
- LLORENS, J.A. (1991), *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*, Visor Distribuciones.

- MÁRQUEZ, R. (1995), "Hacia una enseñanza más cualitativa de la física", en *Revista Española de Física*, 9, 3, 44-45.
- MÁRQUEZ, R. (1996), "Las experiencias de cátedra como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física", en *Revista Española de Física*, 10, 1, 36-40.
- MARTÍNEZ, A. et al. (1987), *Xocs, llamps i guspies. Introducció a l'electrostàtica*, Oikos-Tau.
- MIGUENS, M. i GARRET, R.M. (1991), "Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades", en *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 229-236.
- OSBORNE, R. i FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, Narcea.
- PERELMAN, Y. (1971), *Física recreativa*, Ediciones Martínez Roca.
- POLLS, C. (1990), *Introducció a les pràctiques de laboratori d'anàlisi químiques*, Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
- PORLÁN, R. i MARTÍN, R. (1996), "Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas", en *Alambique*, Graó, Abril, núm. 8, 23-41.
- POZO, I., et. al. (1991), *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia. Las ideas de los adolescentes sobre la química*, Ed. CIDE.
- RIVERA, L. i IZQUIERDO, Mercè (1996), "Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias", *Alambique*, Graó, Enero, núm. 7, 117-122.
- SOLBES, J. i VILCHES, Amparo (1992), "El modelo constructivista y las relaciones ciencia-técnica-sociedad (CTS)", en *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 2, 181-186.
- TAMIR, P. i GARCÍA, M. Pilar (1992), "Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña", en *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 1, 3-12.
- TISSANDIER, G. (1981), *Recreaciones científicas* (Facsimil de l'edició de 1887), Alta-Fulla.
- VINAGRE, F., MULERO, M<sup>a</sup>. Remedios i GUERRA, J.F. (1996), *Cuestiones curiosas de química*, Alianza Editorial.