

Quin percentatge de carboni hi ha en una petxina?

What percentage of C is there in a shell?

Josep Corominas / Escola Pia. Sitges



resum

En els continguts de química de primer de batxillerat, hi figura la determinació de fórmules empíriques i la composició centesimal d'un compost com a aspectes importants dins el bloc on s'estudia el concepte de quantitat de substància.

La determinació del percentatge d'un element en un compost, ja sigui per mètodes d'espectroscòpia o per mètodes més senzills, permet mostrar als estudiants com es pot arribar a obtenir la fórmula empírica d'un compost.

En aquest article, s'hi explica una manera de realitzar un treball pràctic força senzill, però que, presentat com a pràctica d'indagació, pot ajudar a promoure un cert grau de creativitat entre l'alumnat.

paraules clau

Treball pràctic investigatiu, composició centesimal, reacció química, fórmules empíriques.

abstract

One of the topics in first year chemistry in high school in Catalonia is the determination of empirical formula and the centesimal composition of a compound. These are important topics in the section where the concept of amount of substance is studied.

The determination of the percentage of an element in a compound can be made by spectroscopic methods or by simpler methods to allow the students to understand how they can manage their knowledge to obtain the empirical formula of a compound.

In this article, a way to carry out the determination is explained as simple practical work and it is shown that it is possible to present the practical work as an inquiry. This method can help to promote a certain degree of creativity among the students.

key words

Laboratory work, inquiry, centesimal composition, chemistry reaction, empirical formula

Introducció

El que s'exposa a continuació, és fruit de diferents classes fetes a alumnes de primer de batxillerat, en què se'ls ha proposat que resolguin quin percentatge de carboni hi ha en una petxina i de les diferents idees, propostes i accions que hi han sorgit, així com de quina manera s'han anat resolent les dificultats que s'han anat plantejant en el desenvolupament de l'activitat.

Les intervencions del professor estan escrites en cursiva.

Plantejament del problema.

Discussió prèvia a l'aula

Històricament, la fórmula dels compostos s'ha anat establint per anàlisi, de manera que cada un dels elements que formen un compost ha estat identificat per les propietats que el caracteritzen.

En aquest cas, es fixa l'atenció en unes petxines recollides de la platja que sabem que contenen àtoms de carboni en forma de carbonat de calci. El problema que se'ns presenta és com podem saber quin percentatge de carboni contenen aquestes petxines.

Per trobar-ho, podem agafar la referència dels mètodes emprats pels químics en el segle XIX quan volien determinar el percentatge de carboni que hi havia en un compost orgànic. El que feien era pesar una mostra del compost amb la màxima precisió, el cremaven amb excés d'oxigen, en recollien el diòxid de carboni format i en mesuraven la quantitat.

Sabent aquest procediment es planteja als alumnes la pregunta següent:

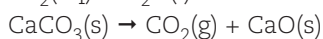
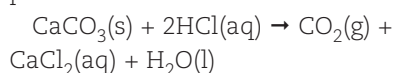
Com podríem «convertir» el carboni del carbonat de calci en diòxid de carboni?

Dues noies responen que el carbonat de calci reacciona amb els àcids i es forma CO_2 en la reacció. Qui fa aquesta proposta recorda que, en una pràctica al laboratori, ha comprovat que uns trossets de petxines de la platja

que el professor ha informat que són carbonat de calci, reaccionen amb l'àcid clorhídric, i l'efervescència correspon al CO_2 format.

El professor indica que també es pot escalfar fortament el carbonat de calci i es converteix en CO_2 i CaO . El professor indica, a més, que aquest és el procés fonamental de la fàbrica de ciment que queda a pocs quilòmetres de la localitat, però la informació deixa força indiferents els estudiants.

S'escriuen les dues reaccions possibles:



Recordem que la finalitat és trobar el percentatge de carboni que hi ha en el carbonat de calci.

Què farem un cop hurem obtingut el CO_2 ?

Hi ha alumnes que diuen que cal pesar-lo. La majoria no sap què fer-ne. Potser no s'ha plantejat prou bé la pregunta i es formula d'una altra manera:

El que necessitem és saber els mols de CO_2 , perquè són els mateixos que els mols d'àtoms de carboni en el car-

bonat de calci. Com podríem saber els mols de CO_2 format?

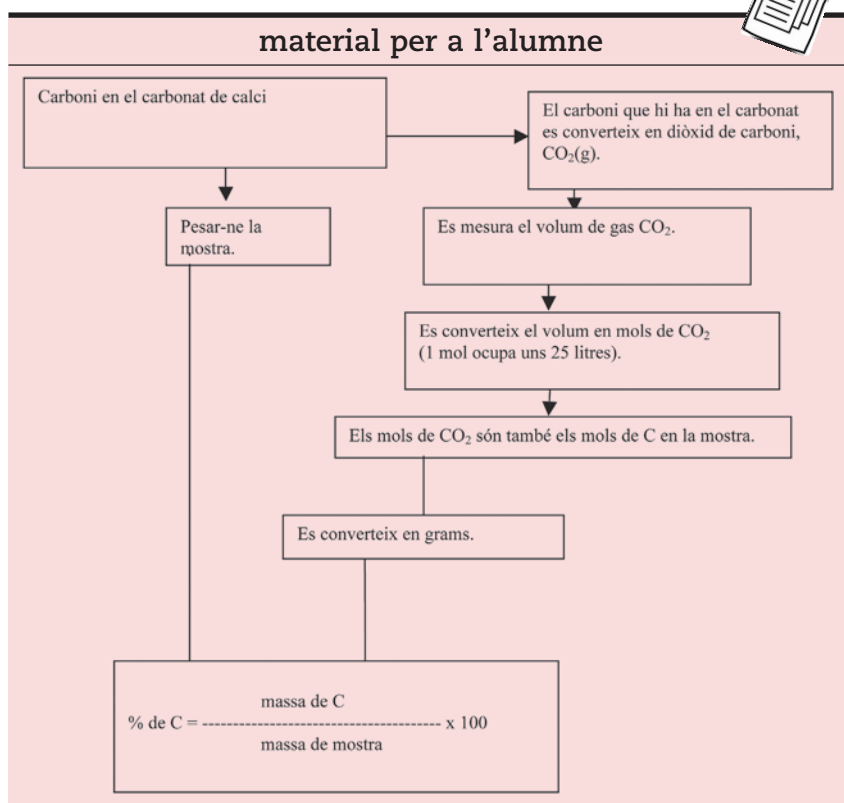
Uns quants estudiants recorden ara que el tema que s'està treballant és la determinació de fórmules empíriques i que han fet alguns problemes on precisament calculen els mols d'àtoms de carboni en un compost coneixent els mols de CO_2 .

El CO_2 és gas en condicions ambientals. Canviarà la massa de la petxina un cop escalfada fortament?

Això fa que bastants alumnes s'adonin que si es pesa una mostra, s'escalfa fort i, un cop freda, es torna a pesar, la pèrdua de massa serà la massa de gas. D'aquí poden trobar els mols d'àtoms de carboni en la mostra.

D'altra banda, el volum molar d'un gas en condicions normals a 25°C és de 24.4 litres. Serveix aquesta informació si volem utilitzar la reacció del carbonat de calci amb l'àcid per mesurar els mols de CO_2 ?

Per evitar que els alumnes no perdin el fil del que s'ha fet fins aleshores, els dos mètodes discutits es posen en dues columnes i es comença a redactar dos procediments alternatius que s'inclouen al quadre 1.

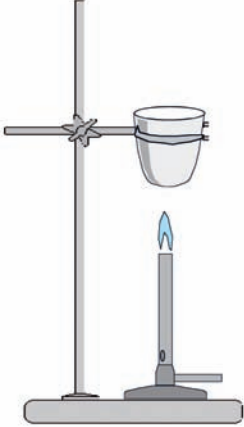
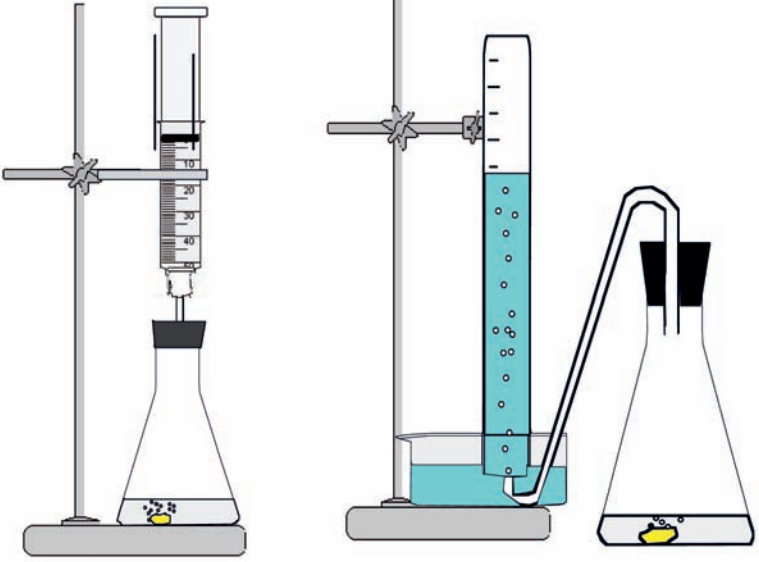


Quadre 1

Alternativa 1: escalfar fortament	Alternativa 2: reacció amb un àcid
<p>Passos del procediment que es van consensuar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Triturar la mostra de petxina. 2. Pesat un gresol amb la mostra. 3. Escalfar fort. 4. Deixar refredar i tornar a pesar. 5. Fer els càlculs. <p>Com podem estar segurs que s'ha format tot el CO_2 possible?</p> <p>Aquesta pregunta estranya bastants alumnes, que donen per suposat que les coses funcionen a la perfecció a la primera. Davant la insistència del professor, es retoca el procediment emprat al començament:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Deixar refredar i tornar a pesar. 5. Tornar a escalfar fort. 6. Deixar refredar i tornar a pesar, per assegurar-se que ja no hi ha més pèrdua de massa, en cas contrari, caldrà repetir l'operació una altra vegada. 7. Fer els càlculs. 	<p>Passos del procediment que es van consensuar:</p> <p>De quina manera és pot saber el volum de gas generat en la reacció?</p> <p>Les propostes són:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Tapar el matràs amb un globus. b) Un tap connectat a una xeringa i que es vagi omplint de gas (figura 1). <p>El professor diu que hi ha un tercer mètode i fa un esquema sobre com es pot recollir un gas sobre aigua (figura 2).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesat la mostra de petxina. 2. Fer el muntatge per recollir el gas. 3. Afegir-hi l'àcid (HCl, 2 M) en excés i recollir el gas. 4. Mesurar el volum de CO_2. 5. Fer els càlculs. <p>En l'anàlisi de les dues possibilitats, hi queda descartat el mètode del globus, atès que tothom reconeix que potser el globus s'infla molt poc perquè el gas queda a més pressió. En no haver estudiat encara amb detall les lleis dels gasos, prefereixen no endinsar-se en aquest terreny.</p>

Els muntatges proposats corresponen als esquemes que s'inclouen al quadre 2.

Quadre 2

Alternativa 1: escalfar fortament	Alternativa 2: reacció amb un àcid
	 <p>Figura 1</p> <p>Figura 2</p>

Les xeringues de què disposem poden mesurar fins a un màxim de 60 cm^3 . Les provetes, fins a 250 cm^3 . Això condiciona la massa inicial de la mostra que hem d'agafar. Si és molt gran, el volum de gas serà superior al que podem mesurar, si és massa petita, obtindrem tan poc gas que difícilment el podrem apreciar.

Si volem obtenir entorn dels 50 cm^3 de gas, amb quina massa de carbonat de calci és convenient treballar?

En uns experiments fets anteriorment, s'ha trobat que 100 g de CaCO_3 generen 1 mol de CO_2 , que, en condicions normals a 25°C , són $24,4 \text{ L}$.

Uns quants alumnes calculen, mitjançant una «regla de tres», que la massa ha de ser tan petita com de l'ordre d'uns $0,2 \text{ g}$ (hi ha qui necessita ser informat que 1 litre correspon a 1.000 cm^3).

Si seguim l'alternativa 1 (escalfar fortament), necessitarem tenir una massa més gran, en cas contrari, les balances de què disposem no marcarien la diferència de pes. Prenem de l'ordre de 2 g .

Abans de començar, és millor assegurar-se de quina temperatura cal assolir perquè el carbonat de calci de la petxina es descompongui en $\text{CO}_2(\text{g})$ i $\text{CaO}(\text{s})$. Si escric, en un cercador a Internet, «form de calç», el primer enllaç que hi trobo, em porta a: http://ca.wikipedia.org/wiki/Forn_de_cal%C3%A7, i aquest, a: <http://lafura.cat/suplements/arxius/ARXIUS/PAISATGE/fitxa%201/PAISATG1.HTM>, on hi ha la informació del quadre 3

El professor aclareix que, qui ha escrit el text, on diu «anhídrid carbònic», es refereix al CO_2 .

La dada que cal arribar a 800°C i que, amb el bec de Bunsen, no hi arribarem, fa que quedi descartada l'alternativa 1.

Potser, en alguna sortida a la muntanya o en una excursió, heu vist forns de calç antics actualment abandonats. En la nostra comarca, hi ha

Quadre 3

En les valls del Foix, del Gaià de Miralles i del massís del Garraf, era [el forn de calç] una activitat molt habitual i aquest era un treball complementari en el cicle de feines del pagès. El procés de transformació de la pedra en calç es feia per combustió, en un forn de forma rodona a dins la terra o a la roca. Es necessitaven temperatures de 800°C perquè el carbonat càlcic s'alliberés de l'anhídrid carbònic i passés a òxid de calci. La calç obtinguda tenia moltes aplicacions: servia per emblanquinar, per desinfectar, per ensulfatar les plantes contra les plagues i per a la construcció.

(<http://lafura.cat/suplements/arxius/ARXIUS/PAISATGE/fitxa%201/PAISATG1.HTM>)

molta roca calcària i sempre hem disposat de fusta. La calç (òxid de calci) s'ha fet servir per a la construcció durant molts segles.

Per tant, ens quedem amb els dos procediments dissenyats a l'alternativa 2.

Es fan sis grups (total 19 alumnes), tres dels quals seguiran el procediment de recollir el gas amb una xeringa, els altres tres el recolliran sobre aigua.

Quin material ens caldrà per realitzar cada un dels procediments?

- matràs d'Erlenmeyer 250 mL amb tap foradat;
- recipient gran o cristal·litzador i proveta de 100 mL ;
- xeringa gran;
- solució HCl 1 mol dm^{-3} ;
- mostra de la petxina;
- tub de goma;
- balança (amb sensibilitat de $0,01 \text{ g}$).

Perquè no oblidin els passos dissenyats, es facilita a cada estudiant un full resum del procediment consensuat (annex 1).

És important recordar que teniu prou temps per repetir la determinació més d'una vegada.

La quantitat de dissolució HCl ha de ser d'uns 50 mL .

A més, es fa mirar el pictograma de seguretat del flascó de HCl . El professor indica on són les ulleres de seguretat. Tots agafen les ulleres. La majoria se les emprova, després se les deixa sobre el cap o les té ben posades damunt la taula de treball.

Resultats obtinguts

Els grups que utilitzen el muntatge amb la xeringa, necessiten lubricar-la molt bé amb vaselina perquè l'èmbol es mogui amb facilitat. Malgrat això, observen que el volum obtingut els porta a resultats de l'ordre d'un 7% o d'un 8% de carboni en el carbonat de calci en la petxina.

Els grups que recullen el gas, a causa del desplaçament d'aigua, hi troben percentatges d'un 10% , aproximadament

No tenen gaires dificultats en la manipulació.

El que els costa més, és tenir la proveta ben plena d'aigua i invertida dins el cristal·litzador. Tots necessiten una demostració prèvia de com ho han de fer.

Posen uns 50 mL de la solució HCl 1 mol dm^{-3} en el matràs, pesen la mostra (prèviament, el professor n'ha fet trossos petits d'uns $0,2 \text{ g}$), la llancen dins el matràs i el tapen immediatament.

Anàlisi dels resultats

En realitat, podem comprovar si el percentatge que heu trobat a la mostra és el que hauria de tenir si fos tota de carbonat de calci.

Si faig el càlcul, sabent la fórmula, em dona que el percentatge de carbo-

ni ha de ser del 12 %. Quin percentatge n'hi heu trobat vosaltres?

La diversitat de resultats obre un debat entre ells. Queda clar que el mètode de recollir el gas omplint una xeringa no és tan bo com semblava, malgrat que, amb el segon procediment, tampoc no es troba el percentatge que se suposa que té.

Quines accions del procediment que heu seguit sembla que es podrien millorar i en reduirien l'error?

Unànimement, la culpa és del material i de l'instrumental emprat: xeringa de plàstic que no funciona bé, balança que té poca «precisió»... A més, alguns estudiants reconeixen que han tardat una mica massa de temps entre les dues accions de llançar la mostra i de tancar el matràs.

Realment, aquestes xeringues tenen el problema que hi ha força fregament i, per tant, possiblement el volum que marquen és de gas CO_2 comprimit i no pas a la pressió atmosfèrica, és a dir, hem obtingut el gas que caldria, però no hem pogut mesurar el volum correctament.

Quina era la sensibilitat dels aparells i dels instruments de mesura que heu fet servir en aquest experiment?

La pregunta sorprèn l'alumnat. Cal tornar a agafar una proveta, fer observar als nois i noies que la sensibilitat és de 2 mL i que la xeringa també està graduada en 2 mL.

Alguns estudiants hi afegeixen, a la llista de millora del procediment: «Usar una proveta i una xeringa amb més sensibilitat».

El procediment de recollir el gas de manera que desplaci aigua, potser també té algun inconvenient i hi ha detalls que no hem tingut en compte, per exemple: en el volum de gas que llegim, hi ha el CO_2 , però també una mica de vapor d'aigua.

Ara, uns quants hi afegeixen, a la llista: «Caldria tenir en compte el volum ocupat pel vapor d'aigua».

Per últim, faré una demostració d'una propietat característica del gas diòxid de carboni que pot explicar que, malgrat que veiem que el tros de petxina desapareix i es forma CO_2 , el volum de gas recollit és inferior al que hauríem de tenir.

El professor mostra una ampolla d'una beguda carbònica (aquesta vegada, una gasosa), tancada i per estrenar. Fa veure que, dins, només s'hi observa un líquid transparent, és a dir, només en veiem una fase. Ara obre l'ampolla i s'hi formen nombroses bombolles de gas.

El gas que ara s'escapa és CO_2 , que abans estava dissolt. El CO_2 és un gas força soluble en aigua.

Sabent això, què caldria fer amb el procediment per recollir tot el gas que es forma?

Les propostes dels estudiants són força interessants: fins i tot suggereixen de canviar l'aigua per oli o de substituir l'aigua per la gasosa, que «com que ja té gas, ja no s'hi dissoldrà més»¹.

La «pèrdua» de volum de gas atesa la solubilitat que presenta en aigua, es produeix en els dos procediments, encara que, quan es recull amb una xeringa, l'error és causat, sens dubte, per la poca facilitat que té l'èmbol de lliscar.

Tots els estudiants reconeixen que el fet que, en lloc de seguir un full d'instruccions, hagin anat elaborant el procediment, els ha permès intervenir-hi més directament.

Conclusió

Aquest treball pràctic realment necessita molt més temps de l'habitual per poder ser realitzat. La major part s'inverteix en la planificació i en l'anàlisi dels resultats.

Als estudiants, se'ls insisteix que no es tracta d'obtenir el valor correcte, sinó de provar la millor manera possible de posar en pràctica una idea i de poder avaluar si aquesta és prou bona o si es pot millorar.

Tots els estudiants reconeixen que el fet que, en lloc de seguir un full d'instruccions, hagin anat elaborant el procediment, els ha permès intervenir-hi més directament.

Es podria dedicar molta més atenció a l'anàlisi dels resultats i fer, per exemple, les correccions al volum mesurat, tenint en compte la pressió del vapor d'aigua a la temperatura de l'experiment. Una altra millora seria fer la lectura del volum, tot igualant les pressions del gas recollit amb la pressió atmosfèrica (vegeu el mètode en el protocol «Com es pot determinar la massa atòmica del magnesi» a la web del CDEC: <http://www.xtec.es/cdec/recursos/pagines/practicq.htm>).

Annex

A la pàgina 41, mostrem l'esquema subministrat als alumnes com a recordatori dels passos que cal seguir per fer els càlculs de l'experiment sobre la determinació del percentatge de carboni.



Josep Corominas Viñas, és professor de Física i Química de l'Escola Pia de Sitges. Llicenciat en ciències químiques per la Universitat de Barcelona, professor de física i química a l'Escola Pia de Sitges. Ha impartit nombrosos cursos de formació del professorat i escrit uns quants articles sobre treballs pràctics de química en diverses publicacions. jcoromi6@xtec.cat

1. No seria una bona solució: es desprendria gas procedent de la beguda i se n'obtidria més del que es forma en la reacció.