



Alguns aspectes de la combustió d'una espelma en un recipient tancat.

Es ben conegut que quan una espelma encesa posada en un recipient amb aigua es tapa amb un vas, l'espelma s'apaga i l'aigua puja (figura 1). En alguns llibres s'utilitza aquest muntatge per a determinar la proporció d'oxigen a l'aire, suposant que l'espelma s'apaga quan ha consumit tot l'oxigen de l'aire i que puja un volum d'aigua al vas igual al volum d'oxigen consumit.

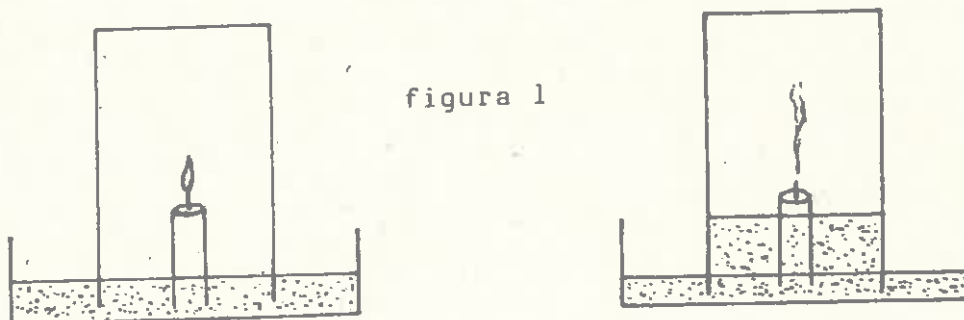
A continuació veurem que aquest mètode de determinar la composició de l'aire no té cap fonament. Una primera prova és utilitzar diferents vasos (alts, baixos, grans, petits) i tapar més o menys de pressa. El nivell d'aigua puja en una proporció diferent en cada cas de manera que no serveix per a determinar la composició de l'aire. Per quina raó puja el nivell de l'aigua?

El fet de que pugi el nivell de l'aigua vol dir que disminueix la pressió i això pot tenir diferents causes que poden actuar simultàniament:

a) S'ha consumit l'oxigen de l'aire, disminueix la pressió dintre del vas i com que la de fora és més gran, fa entrar aigua en el vas.

b) S'ha consumit l'oxigen i s'ha produït vapor d'aigua que condensa i diòxid de carboni que es dissol en l'aigua, el resultat és una disminució de pressió a l'interior i la diferència de pressions amb l'exterior fa pujar el nivell de l'aigua.

c) L'espelma escalfa l'aire del vas mentre li acostem per a tapar-la, l'aire es dilata i el que no cab dintre del vas s'escapa. Quan l'aire recupera la temperatura inicial es produeix una disminució de pressió a l'interior del vas i puja el nivell de l'aigua.



Anem a fer varies experiències per a veure l'importància relativa dels factors esmentats.

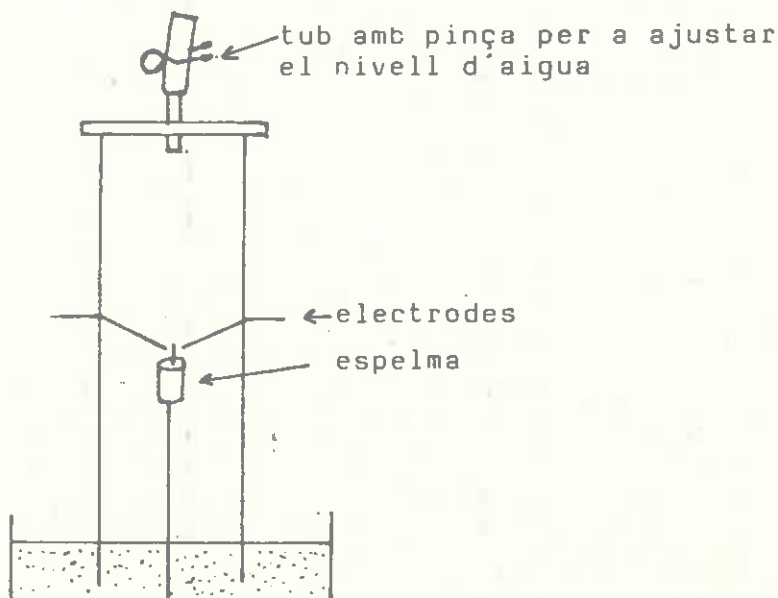


figura 2

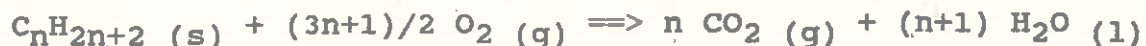
Prova 1. Combustió de l'espelma en un recipient tancat.

Comencem fent l'experiència amb l'aparell de la figura 2, que consta d'una proveta graduada amb dos electrodos i un tub per ajustar el nivell inicial de l'aigua. La proveta es posa invertida sobre un cristallitzador amb aigua tal com es pot veure a la figura.

L'espelma s'encén des de fora fent saltar guspies elèctriques amb un carret de Ruhmkorff o una font d'alta tensió adequada. S'observa que al començament el nivell de l'aigua baixa i després es va recuperant i al cap d'una estona queda aproximadament igual que l'inicial. També es pot comprovar que cada cop que es fan saltar guspies el nivell baixa.

Anem a veure si aquest resultat de que no hi ha variació de volum es pot explicar a partir de l'estequiometria de la reacció.

Suposem que la combustió de l'espelma sigui equivalent a la combustió d'un hidrocarbur saturat (parafina) i calculem la variació de volum dels gasos en funció del volum d'oxigen consumit (suposant que al cap de poc temps el vapor d'aigua ja ha condensat i que el CO₂ no s'ha dissolt en l'aigua per que ho fa lentament)(nota 1 al final):



$$(\Delta V \text{ gas}) / (V O_2 \text{ consumit}) = \{n - (3n+1)/2\} / (3n+1)/2 =$$

$$(-n-1)/(3n+1) \sim -1/3 \quad (n \gg 1).$$

és a dir $\Delta V \text{ gas} \sim -1/3 V O_2 \text{ consumit}$.

Dit en paraules: segons l'estequiometria de la reacció ha d'haber-hi una disminució de volum igual a la tercera part del volum d'oxigen consumit.

Suposant que el CO_2 es dissolgués ràpidament en l'aigua, s'obtindria una variació de volum encara més gran.

Prova 2. Combustió del fòsfor.

Es pot utilitzar el muntatge de la figura 2 per a cremar fòsfor roig, substituint l'espelma per un petit gresol amb fòsfor roig. El fòsfor roig crema amb més facilitat que l'espelma i la reacció és més "senzilla" en el sentit de que només hi ha un gas en la reacció:



és a dir $\Delta V \text{ gas} = -V \text{O}_2 \text{ consumit}$.

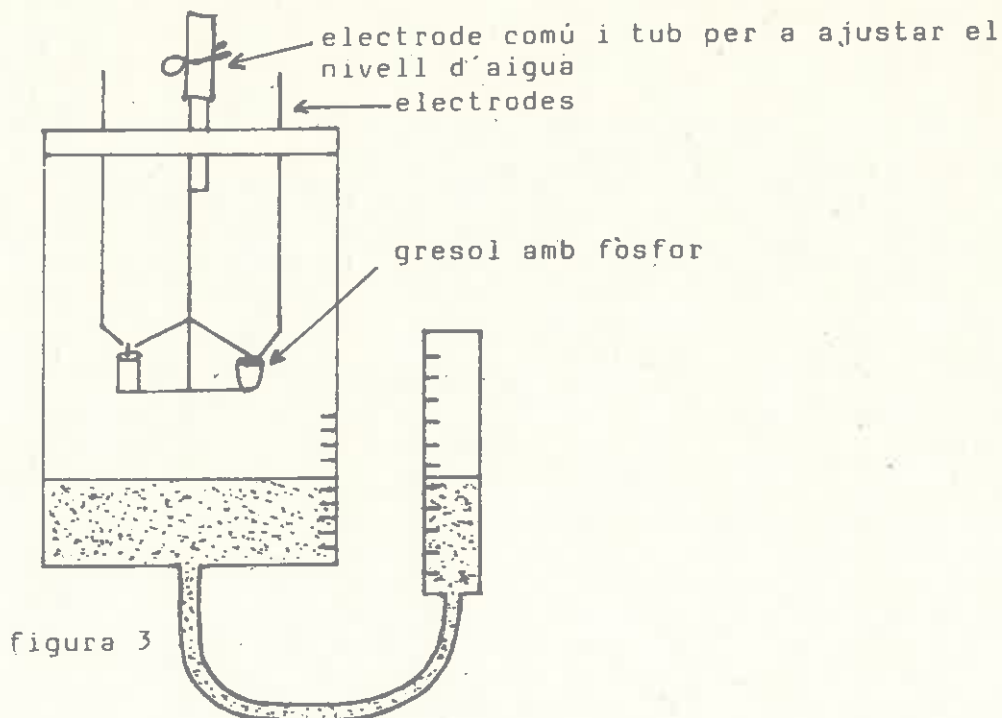
Dit en paraules: hi ha una disminució de volum que es igual al volum d'oxigen consumit.

Quan es fa l'experiència s'observa que l'aigua puja només un 50% del que caldria esperar si es consumís tot l'oxigen.

La deducció que podem fer és que el fòsfor s'apaga quan encara hi queda un 50% de l'oxigen inicial.

Prova 3. Combustió successiva de l'espelma i el fòsfor.

Si el fòsfor s'apaga abans de consumir tot l'oxigen, cal pensar que l'espelma també. Això es pot comprovar amb el muntatge de la figura 3, que és un muntatge semblant a l'anterior amb una espelma i un gresol amb fòsfor, on el tub graduat afegit permet apreciar petites variacions de volum.



Primer s'encén l'espelma i després quan aquesta s'apaga, s'intenta encendre el fòsfor.

Feta l'experiència s'observa que un cop apagada l'espelma, el fòsfor crema perfectament demostrant que encara hi resta la major part de l'oxigen (l'espelma s'apaga quan la quantitat d'oxigen que li arriba per difusió és massa petita per a generar en la reacció el calor necessari per a mantenir la temperatura mínima per a la combustió).

Com que l'espelma s'apaga quan ha consumit molt poc oxigen queda clar per que no s'observa variació de volum en l'experiència 2: la variació de volum és $1/3$ del volum d'oxigen consumit i aquest és menyspreable.

Finalment hem d'arribar a la conclusió de que només l'hipòtesi c) explica el que passa quan es fa l'experiència inicial de la figura 1: segons la forma del vas o la rapidesa amb que es tapa, l'aire del vas s'escalfa més o menys i s'en escapa més o menys, l'aigua del vas puja però això no té cap relació amb la proporció de l'oxigen a l'aire.

NOTA 1:

Aquesta afirmació es pot comprovar amb el muntatge de la figura 4, mentre el CO_2 es dissol, disminueix la pressió i va pujant el nivell d'aigua. Utilitzant unes condicions que afavoreixen el procés de difusió-dissolució: pressió parcial de CO_2 de 1 atm (a l'interior del recipient on té lloc la combustió pot ser com a màxim de 0,2 atm) i una gran quantitat d'aigua per a que la concentració de CO_2 es mantingui baixa, s'observa que aquest procés (sense agitació) és lent: en 1 hora es dissol el 10% del volum de CO_2 .

L'aigua utilitzada, normalment en equilibri amb l'atmosfera ja conté CO_2 però en baixa concentració per que la pressió parcial del CO_2 a l'aire només és 0,01 atm.

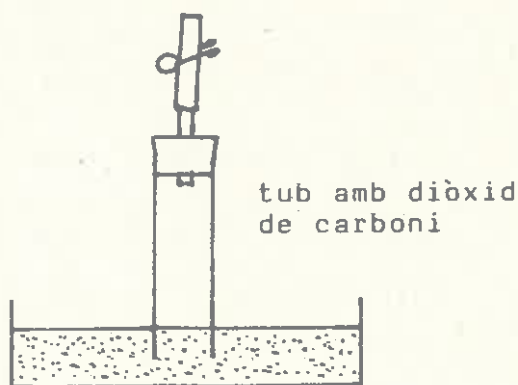


figura 4

Lluís Nadal.
M^a Teresa Morató.



a augmentar. Un comportament semblant es pot observar amb un tros de galena fent contacte amb una punta d'agulla.

El cohesor de Branly va ser el primer detector utilitzat se li donava copets amb un electroimant per a evitar l'efecte memòria. Avui dia encara no es coneix el seu fonament.

3) Fils de Lecher.

Les ones estacionàries són més fàcils d'observar en dos fils conductors (o millor varetes de llautó) anomenats "fils de Lecher". Només cal treure el neó del receptor de la figura 3, connectar-hi dues varetes de llautó d'1 m de llarg com a mínim, posar l'antena receptora paral·lela a la de l'emissor i desplaçar per les varetes una làmpada de neó subjectada per un aïllant (una pinça de la roba). La lluminositat de la làmpada variarà gradualment i es podran distingir alguns mínims entre d'altres màxims, evidenciant la presència d'ones estacionàries. Si la làmpada de neó s'encén igual en tots els punts cal posar l'antena receptora a una distància més gran de l'antena emissora.

Hertz detectava l'ona electromagnètica amb un "guspiròmetre", la distància màxima a la que saltava la guspira era una mesura de l'intensitat: a més distància més intensitat. Les guspises es poden veure si amb poca llum s'acosta un cable conductor i s'acosten els extrems fins quasi tocar-se.

Lluís Nadal i Balandras.