

Com funciona una espelma?

Joan Aliberas ✉

Institut Josep Puig i Cadafalch (Mataró) i Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona

Un estri que ens sembla gairebé trivial pot convertir-se en un bon recurs per aprendre a pensar en termes químics. Es proposen algunes experiments senzills per fer amb una espelma encesa, així com amb altres combustions, que ajuden a construir una explicació química del que hi succeeix.

Paraules clau: espelma, combustió, flama, elements, canvi químic, energia

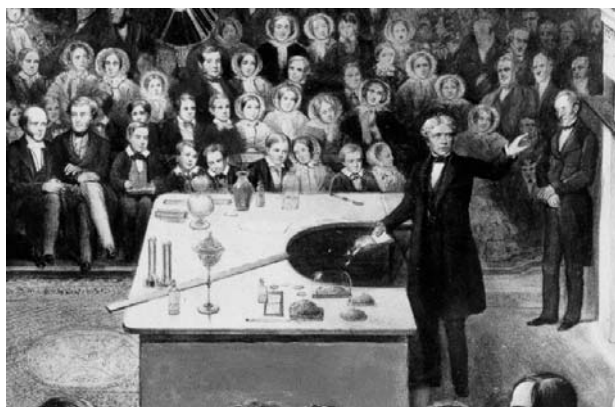


Figura 1. Michael Faraday impartint una de les seves celebrades *Iliçons de Nadal*, sobre química a la *Royal Institution*.

Si preguntem a alumnes d'ESO o de Primària com funciona una espelma podem trobar-nos amb sorpreses. Per exemple, hi pot haver alumnes que considerin que el que es crema realment és el ble, que la cera només serveix per aguantar-lo dret; que la cera o parafina, doncs, no es crema sinó que va caient fent regalims però que sempre és la mateixa... (Barona, 2012).

Per abordar el problema científicament –encara que sigui amb mitjans modestos– i esbrinar què succeeix, podem fer alguns experiments que ens ajudin a aclarir com funciona una espelma encesa. Ens basarem en els experiments proposats a mitjans del segle XIX per Michael Faraday en les seves esplèndides conferències de divulgació del coneixement químic a la *Royal Institution* de Londres

(fig. 1), una de les quals s'anomena, precisament, "*La història química d'un espelma*" (Faraday, 2004).

Sempre hi ha la mateixa parafina?

Podem començar a investigar a partir de les idees dels alumnes. Una forma senzilla de comprovar si la parafina és sempre la mateixa, consisteix a pesar l'espelma i mesurar-ne la llargada abans i després de cremar una estona. Hem d'intentar que la combustió es realitzi amb completa estabilitat, sense corrents d'aire: així no es produeixen regalims de parafina, ni la flama fa cap fum que puguem veure.



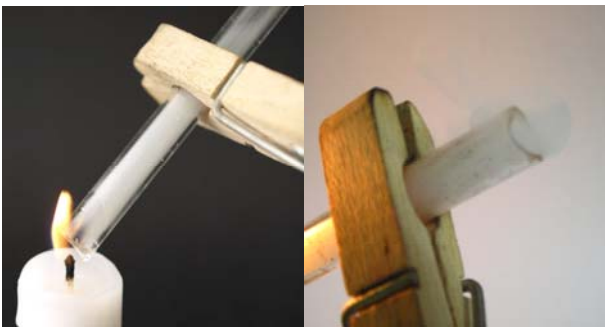
Si l'espelma fa uns 15 mm de diàmetre, el seu pes haurà anat disminuït uns 0,4 g cada 5 minuts, temps durant el qual la llargada de l'espelma es reduirà aproximadament un mil·límetre. Naturalment, un mil·límetre de ble pesa molt menys que un

mil·límetre de parafina de l'espelma. Desapareix la mateixa llargada de parafina que de ble, però la gran majoria del pes perdut ha de ser de la parafina que s'ha cremat, no del ble.

Ens podem preguntar de quina manera s'arriba a cremar la parafina de l'espelma si justament la flama no surt de la superfície de la parafina.

Com s'encén?

Una forma de començar a entendre el que passa dins de la flama consisteix en col·locar un extrem d'un tubet de vidre tocant el ble.



Veurem que el tubet s'omple d'un fum blanc que acaba sortint per l'altre extrem. Si tenim prou traça, aconseguirem que s'encengui.



I si retirem el tub i apaguem l'espelma, apareix una fumera també de color blanc. Casualitat? Si acostem una flama al fum blanc, encara que sigui a alguns centímetres del ble, també amb una mica de traça aconseguirem veure que l'espelma, sorprenentment, es torna a encendre.

Per acabar de decidir què és el fum blanc podem bloquejar la flama amb un vidre de rellotge o un portaobjectes, mantenint-lo de forma ben immòbil durant tres segons a tocar del ble, just al seu damunt.



Al treure'l, de moment veurem un cercol negre que reservem per després. Però al passar el dit pel centre d'aquest cercol, ens cridarà l'atenció el tacte que ara té el vidre: com llardós o oliós. Si l'olorem aclarirem de què es tracta: és parafina fosa. Com hi ha arribat?

El viatge de la parafina

Així, doncs, la parafina de l'espelma sofreix un procés de vaporització prop del ble, indispensable perquè aquest vapor es pugui encendre i cremar.

De fet, quan encenem l'espelma s'encén la parafina que quedava al ble, produint calor que fon la capa superior de la parafina de l'espelma, que es queda en una mena de copa, plena de líquid, que es forma al voltant del ble. Després puja pel ble per capil·laritat: aquesta és la veritable finalitat del ble.

La parafina va pujant i escalfant-se fins que té prou temperatura, primer, per vaporitzar-se i, després, per començar a cremar. Al col·locar-hi un vidre fred, el vapor de parafina ha condensat en la seva superfície.



Però fixem-nos en la "copa" de sota del ble. En una espelma gruixuda aquesta copa pot tenir més de cinc centímetres de diàmetre; però –casualment?– en la nostra petita espelma la copa ocupa gairebé tot el seu diàmetre... excepte una petita part, que només deu fer cap a un mil·límetre de

gruix, però que resulta suficient per retenir la parafina fosa i evitar que regalimi.

Els gasos que formen la flama són accelerats cap amunt a mida que es van escalfant durant la reacció de combustió. Aquest raig de gasos ascendent actua, com en una trompa de buit, com a aspirador d'aire fresc per efecte Venturi, un aire fresc necessari per altra banda per mantenir la combustió. La part de l'espelma que rep més aire fresc és, justament, el límit exterior de la "copa". Això explica per què es manté en estat sòlid, fins i tot en espelmes relativament estretes.

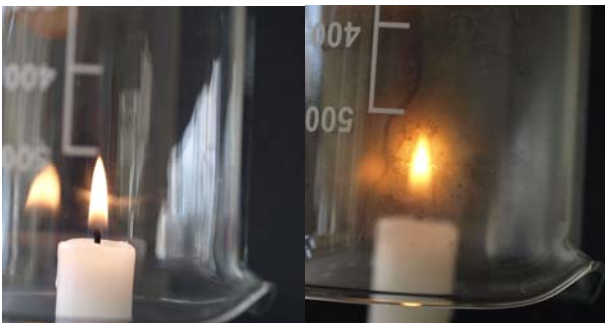


També explica per què quan la flama és inestable i crema agitada per l'aire, es pot acostar massa a la paret de parafina de la copa i desfer-la, provocant el vessament de parafina i els regalims corresponents.

Podem esbrinar què es forma durant la reacció?

Què s'està formant? (1)

Ens va quedant clar que la parafina està reaccionant i va desapareixent. Però per formar què?



Podem tenir una primera pista si posem un vas envoltant la flama. En un primer moment no es nota res, però al cap d'uns segons el vidre es comença

a entelar. S'hi està formant aigua com als vidres de classe els dies de fred.

Què ens diu, això? Que la flama produeix vapor d'aigua que condensa sobre el vidre, relativament fred, encara. Si sabem que l'aigua està formada per hidrogen i oxigen, això vol dir que segurament l'oxigen s'hi ha afegit provinent de l'aire, gràcies a l'efecte de succió. I l'hidrogen? Només pot provenir de la parafina: la parafina deu contenir l'element hidrogen.

Què s'està formant? (2)

Si toquem la part superior de la flama amb un objecte fred, com un vidre o una reixeta metàl·lica, apareix un efecte nou: un fum negre. Quan crema amb estabilitat, la flama no fa cap fum visible, però si crema amb turbulències també fa aquest fum negre. Si posem el tubet més amunt de la flama, ara el fum que surt ja no és blanc, sinó negre. I encara que ho intentem amb paciència, no s'encendrà.



Si posem una reixeta metàl·lica a mitja altura de la flama, per damunt de la reixeta ja no hi haurà flama, sinó que hi veiem de nou el fum negre.

Ara és el moment de recordar el cercol fosc que es va formar sobre el vidre. Alguns alumnes diran que s'ha cremat. Cremat? Si hi passem el dir veurem que ens emportem la substància negra: el vidre no s'ha alterat, s'hi ha dipositat alguna cosa negra. És carboni. La parafina també conté l'element carboni, com totes les substàncies orgàniques. De fet, tractant-se d'una mescla d'hidrocarburs, només conté els elements hidrogen i carboni.

El carboni i la llum

El carboni que hem convertit en fum negre deu correspondre a una etapa en la combustió de la pa-

rafina en què, una vegada ja consumit l'hidrogen, el carboni restant encara no ha reaccionat amb l'oxigen, mentre n'hi va arribant més des de les vores de la flama gràcies a la seva succió.

En aquell moment el carboni és en estat sòlid (no fon, sublima a 3642 °C, una temperatura massa alta per obtenir-se amb una simple espelma), però prou calent com per posar-se incandescent per l'alta temperatura a mida que va reaccionant amb l'oxigen produint calor. Està incandescent d'una manera semblant a com passa en un foc de carbó. És un procés de combustió semblant al del fregall de ferro, que també crema sense flama, només posant-se incandescent.



El que tenen en comú aquests dos casos (carboni i ferro) és que en la combustió no es produeix cap gas combustible, i per això no hi ha flama sinó incandescència en aquells punt en què es troba el combustible amb l'oxigen (i hi ha prou temperatura per iniciar-se la combustió).

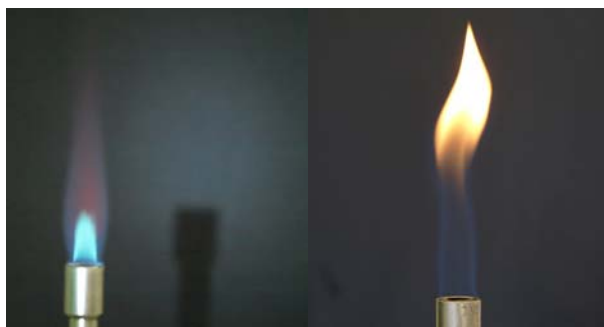
És per aquest motiu que s'ha format el cercol negre que abans hem vist sobre el vidre: l'aire que venia per fora s'hi ha trobat amb la parafina vaporitzada que venia per dins i han començat a reaccionar per formar aigua, alliberant carboni que no ha trobat prou temperatura o oxigen per continuar cremant i que s'ha dipositat en el vidre fred.

Una flama més eficaç?

Com que utilitzar una flama així en el laboratori equivaldria a deixar tots els estris ennegrits, s'han creat flames més eficaçes.

En el bec Bunsen, la mescla de gas butà (també un hidrocarbur) amb l'aire té lloc eficaçment al llarg del tub, permetent així la combustió del carboni de forma molt més ràpida. La prova és que la flama del Bunsen no és especialment lluminosa si crema correctament, ja que no s'arriba a formar carboni sòlid degut a disposar de suficient oxigen per reaccionar ràpidament. És una flama oxidant per l'excés d'oxigen.

Una forma de comprovar-ho és tapant les entrades inferiors d'aire en el tub: ara torna a aparèixer una flama lluminosa, gràcies, de nou, al carboni incandescent. És una flama reductora.



Cal reconèixer que un estri tan humil com una espelma és una petita meravella tecnològica: realitza la seva funció, que és fer llum, amb molt pocs elements, senzills però eficaços.

Bibliografia

- Barona, C. (2012). *Anàlisi de l'evolució del model mental d'un alumne per explicar el funcionament d'una espelma*. Màster de secundària, Universitat Autònoma de Barcelona, sense publicar.
- Faraday, M. (2004) *La historia química de una vela*. Nivola Libros y Ediciones, S.L.