

Química al laboratori: una (r)evolució històrica

Chemistry at the laboratory: a historical (r)evolution

Josep M. Fernández-Novell i Mireia Díaz-Lobo / Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia.
Departament de Bioquímica i Biologia Molecular



resum

La química ens envolta. Mirem on mirem, sempre la trobem present: des que ens aixequem al matí i ens fem el cafè fins que ens n'anem a dormir i apaguem el llum de l'habitació. Però tota aquesta química que ens facilita la vida diària no seria possible si abans algú no l'hagués estudiat. La història de la química està marcada per uns experiments concrets i uns personatges excepcionals: Van Helmont, Hales, Lavoisier, Volta, Fraunhofer i Bunsen, entre d'altres. Per això, convidem els lectors a endinsar-se en la fascinant història de la química i, amb l'ajut d'alguns experiments, recórrer els salts més importants de la química que han fet avançar la nostra societat. Al mateix temps, aquests experiments poden ser una eina didàctica per al professorat de secundària per introduir els alumnes en el món de la química i en la història de la química, alhora que per despertar-los l'interès per aquesta ciència.

paraules clau

Química, història, experiments, eina didàctica.

abstract

Chemistry is around us. Everywhere we find it: when we wake up every morning and make our coffee until we go to sleep and turn off the light of our bedroom. However, all this chemistry that makes our daily life easier would not be possible if anyone had not studied it before. The history of chemistry is marked by specific experiments and exceptional characters: Van Helmont, Hales, Lavoisier, Volta, Fraunhofer and Bunsen, among others. Therefore, we invite readers to explore the fascinating history of chemistry and, with the help of some experiments, travel through the most important jumps in chemistry that have made advance our society. At the same time, these experiments can be a teaching tool for high school teachers to introduce students to the world of chemistry and the history of chemistry, and arouse their interest in this science.

keywords

Chemistry, history, experiments, teaching tool.

Introducció

L'estudi de la química no s'ha de limitar només a conèixer les lleis i teories, o saber-se els símbols dels elements, o anar acumulant dades d'experiments i aprendre's les biografies dels seus actors més importants. Cal saber com han evolucionat les idees i teories proposades pels químics, així com les tècniques que han emprat al llarg del temps; per a una revisió, vegeu Asimov (1975), Asimov (1990), Bensaude (1997) i Butterfield (1965). Per comprendre

tots els canvis que han acompanyat el desenvolupament de la química, és important poder emprar la història de la química, per part del professorat de ciències implicat, com un recurs didàctic més que ajudarà en l'aprenentatge dels continguts d'aquesta assignatura.

A l'hora d'explicar química o ciències a l'alumnat, sigui del nivell que sigui, des de secundària fins als primers cursos universitaris, s'explica el mètode científic proposat per Francis

Bacon (1561-1626) a la primeria del segle XVII. Aquest mètode es basa en l'observació d'un fenomen, en l'enunciat d'una hipòtesi que després s'analitzarà mitjançant l'experimentació (i se'n demostrarà la validesa o es rebutjarà), per acabar amb unes conclusions en forma de teories. En aquest article es posarà l'atenció sobre alguns experiments que van marcar l'esdevenir d'aquesta ciència i en la possibilitat de desenvolupar-los al laboratori amb l'alumnat.

Abans de continuar, cal preguntar: què és la química per al professorat de ciències? Hi ha, majoritàriament, dues idees o posicionaments. Primerament, aquells que creuen que la química és el conjunt de transformacions de la matèria de les quals s'obté un benefici, on, per exemple, el foc seria el primer canvi químic, utilitzat ja des de l'antiguitat. Els del segon posicionament, amb una visió molt més estricta, consideren la química com una ciència (que estudia les propietats de la matèria i les seves reaccions) i es limiten a èpoques força més recents, com ara la de Lavoisier (1743-1794), que sacsejà la química del moment portant-la fins a la categoria de ciència.

Al llarg de la història de la química, trobem períodes de temps plens d'ebullició d'idees, d'aparició de noves tecnologies, en què es descobreixen nous elements químics

Com el lector o la lectora entendrà en seguir llegint aquest article, els autors s'han decantat per la primera «definició», en considerar que aquells artesans que treballaven amb foc per obtenir coure o fer aliatges com el bronze fa més de tres mil o quatre mil anys, tot i no ser químics, feien química sense saber-ho. També per l'origen de la paraula *química*, tant si ve del grec *chemia*, *chemeia* o *chymia*, relacionada amb la metal·lúrgia, com si ve de l'egipci antic *khem*, relacionada amb la terra negra de la vall del Nil. En qualsevol cas, ambdues paraules ja es feien servir fa milers d'anys.

Al llarg de la història de la química, trobem períodes de temps plens d'ebullició d'idees, d'aparició de noves tecnologies, en què es descobreixen nous elements químics. Aquí es presenten uns experiments que expliquen de forma senzilla l'evolució de la química, sempre a partir de l'invent d'una nova tecnologia que ha acabat tenint una repercussió molt important en l'avenç de la química i de la societat.

Alguns d'aquests experiments, que han marcat la història de la química, poden ser emprats com a recurs didàctic pel professorat de secundària per tal d'augmentar l'interès del seu alumnat envers ella. Concretament, les experiències que es presenten són sobre l'obtenció del llautó, la manipulació i l'obtenció de gasos, la pila de Volta i l'espectroscòpia.

Aquest article vol relacionar l'estudi experimental de la química a secundària amb els vells descobriments que van fer que aquesta ciència fes una veritable (r)evolució històrica.

Metodologia

Per a cada experiment hi ha tres apartats. En el primer se n'explica la «situació històrica», per tal de comprendre com van influir els coneixements anteriors, l'entorn i la societat de l'època en la seva realització. En el segon apartat, es mostra la part experimental que es pot dur a terme al laboratori i que suposa un avenç en la història de la química, un nou pas (r)evolucioniari d'aquesta ciència. Finalment, s'acaba amb les «conclusions», que és el tercer i últim apartat.

Per tractar els punts anteriors, cal explicar els experiments per separat. Això implicarà que, en acabar cada experiment, es presentaran unes petites conclusions per explicar la «nova

tecnologia» sorgida en aquella època i relacionada amb l'experiment, els «nous elements químics» més rellevants obtinguts per mitjà d'aquesta nova tecnologia i, finalment, el «currículum» on es relaciona l'experiment amb els possibles temes del currículum de química a Catalunya, segons el nivell educatiu que el professorat treballi.¹

Experiment 1. Obtenció del llautó

Situació històrica

Des de la prehistòria fins a l'actualitat, els éssers humans no hem parat ni un moment d'observar tots els fenòmens i les alteracions en la naturalesa de les substàncies que ens envolten. Gràcies a aquesta curiositat, hem pogut comprendre, aprendre i, posteriorment, imitar la naturalesa per tal de millorar la nostra qualitat de vida i poder avançar com a espècie. Això ha repercutit posteriorment en l'avenç de la societat.

L'ésser humà va saber beneficiar-se d'alguns fenòmens químics i convertir-se en un químic pràctic quan va ser capaç de produir i mantenir el foc. Va haver d'idear mètodes per poder combinar en una proporció adequada la fusta (o un altre material combustible), l'aire (a una velocitat suficient) i la calor,

Des de la prehistòria fins a l'actualitat, els éssers humans no hem parat ni un moment d'observar tots els fenòmens i les alteracions en la naturalesa de les substàncies que ens envolten

¹ <http://www.xtec.cat/web/curriculum/eso> i <http://www.xtec.cat/web/curriculum/Batxillerat> (consulta: 30 abril 2012).

fins a arribar a obtenir la primera flama o espurna. Va crear fórmules per assecar la fusta i va utilitzar diversos mètodes, com el del fregament, per arribar a la temperatura d'ignició.

Cap al 6000 aC va començar a fer servir uns materials estranys i difícils de trobar que posseïen unes propietats que la pedra no li podia donar. Aquests materials eren els metalls; bàsicament, el coure i l'or, perquè són dels pocs metalls que es troben lliures a la natura. Les gotetes vermelloses del coure o groguenques de l'or segur que van cridar l'atenció de qualsevol que les podia observar. Al principi, a causa de la seva lluentor metàl·lica i bellesa, les van utilitzar com a motius ornamentals. Però, més endavant, van veure que eren mal·leables, és a dir, que es podien aplanar sense trencar-se, no com la pedra, que es polvoritzava, o la fusta i els ossos, que s'estellaven.

Quins eren els elements químics coneguts en aquells temps? Els metalls com l'or, el coure, la plata (o argent), el plom i l'estany van ser els primers elements químics emprats a l'antiguitat, ja que, tal com s'ha comentat abans, es podien trobar com a metalls purs. Posteriorment, alguns d'aquests elements es van extreure a partir de la fosa, en forns fets a terra, dels minerals que els contenien. Sense saber-ho, aquells «artesans» van fer aliatges de coure, com el

bronze i el llautó (sense conèixer el zinc), gràcies al fet que van aconseguir augmentar la temperatura del forn bufant aire a través d'uns tubs de canya (o, en altres paraules, insuflant oxigen al foc). Més tard, millorant aquesta tècnica, van obtenir ferro; per a una revisió, vegeu Eliade (1990).

Per als nostres avantpassats, el bronze, un aliatge de coure i estany, tenia força avantatges enfront del coure, ja que era més dur i molt resistent al fregament i a la corrosió

L'esquema que tothom ha estudiat segueix el fil d'aquests descobriments i el seu avenç tecnològic:

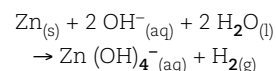
Edat de la pedra → Edat dels metalls → Edat del bronze → Edat del ferro

Per als nostres avantpassats, el bronze, un aliatge de coure i estany, tenia força avantatges enfront del coure, ja que era més dur i molt resistent al fregament i a la corrosió. Això feia que tingués una major durabilitat. Un altre aliatge que també van usar, però amb menys freqüència, va ser el llautó, una mescla de coure i zinc que ofería unes propietats mecàniques més grans que el

coure, tot i que mai va poder rivalitzar amb el bronze.

Laboratori

Al laboratori es pot obtenir llautó a partir d'escalfar a la flama una moneda de coure a la qual prèviament se li ha electrodepositat zinc (fig. 1c i 1d); per fer-ho, s'ha de submergir la moneda de coure en una solució d'hidròxid de potassi (KOH) 5M, que conté zinc en pols (fig. 1a). Per afavorir l'oxidació del zinc a catió divalent zinc (Zn^{2+}), es pot escalfar lleugerament la solució, però amb precaució, perquè es desprèn hidrogen a causa de la reducció de l'aigua (fig. 1b), segons la reacció següent:



Conclusions

Nova tecnologia. Els nostres avantpassats eren artesans de la metal·lúrgia i, en millorar els forns, van obtenir ferro. Això va representar una revolució, ja que les armes de ferro eren superiors a les de bronze i aquestes, en el seu moment, van ser superiors a les de coure.

Nous elements químics. No coneixien l'existència de la química, però treballaven amb set elements químics: coure (Cu), or (Au), plata (Ag), plom (Pb), estany (Sn), ferro (Fe) i mercuri (Hg).

Curriculum. Aquest experiment pot relacionar-se, segons el nivell

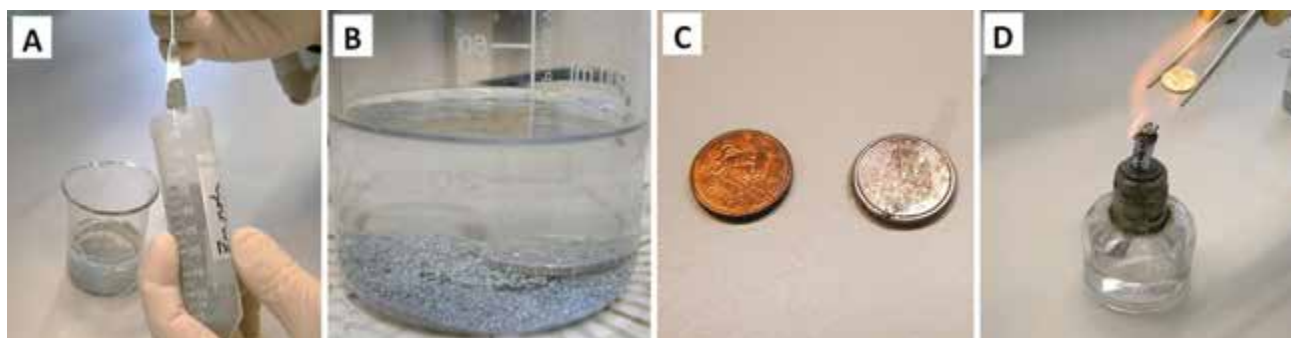


Figura 1. Obtenció de llautó a partir d'escalfar a la flama una moneda de coure amb zinc dipositat a la superfície.

Preparar un muntatge per obtenir i confinar un gas, com ara l'hidrogen, és relativament senzill, alhora que el procediment és pràcticament el mateix que va idear Hales

educatiu, amb l'estudi de les propietats dels materials, amb el de la flama, amb el de l'acidesa / basicitat i, finalment, amb el de la velocitat de reacció.

Experiment 2. Obtenció de gas hidrogen

Situació històrica

Durant els segles següents, els alquimistes van anar estudiant les substàncies sòlides i líquides que trobaven a la natura i també aquelles que es produïen en els seus experiments. En realitat, els alquimistes havien obtingut amb una certa freqüència «aires» i «vapors» que omplien els seus laboratoris, però eren substàncies escorredisses, pesades d'estudiar, difícils d'atrapar i fàcils d'ignorar. L'única substància aèria coneguda i estudiada va ser l'aire, que era prou diferent de les altres substàncies conegudes i que es considerava un element des de la Grècia clàssica.

Però, a partir del segle xv, es va estendre la fabricació de recipients de vidre bufat, el qual, a diferència del vidre normal, es podia escalfar i, posteriorment, refredar, sense que s'acabés trencant. Gràcies a aquest salt qualitatiu, es va començar a aprofundir en l'estudi dels gasos.

El primer a estudiar els vapors que produïa en els seus experiments va ser el metge flamenc Jean Baptiste van Helmont (1579-1644), al segle xvii. Es va

centrar en l'observació dels vapors obtinguts en cremar fusta, de manera que va estudiar les propietats del diòxid de carboni. En aquells temps, Robert Boyle (1627-1691) va estudiar la compressibilitat dels gasos en la llei de Boyle-Mariotte i, a més, va donar una definició d'element químic més moderna.

Un altre exemple de com va influir positivament la millora del material de vidre en la manipulació de gasos es troba en el químic anglès Stephen Hales (1677-1761), que va centrar els seus esforços a recollir-los sobre l'aigua. Els vapors formats en una reacció química els conduïa, a través d'un tub, cap a l'interior d'un recipient que havia omplert d'aigua i col·locat cap per avall dins d'un cubell ple d'aigua. El gas bombollejava dins del recipient, desplaçava l'aigua i la forçava a sortir a través del fons obert. En acabar, Hales obtenia el recipient ple de gas o gasos formats en la reacció. Aquesta tècnica tan senzilla va ser molt important per aprofundir en l'estudi dels gasos.

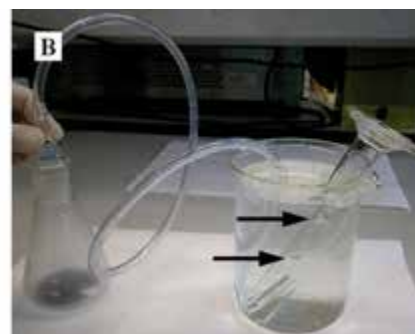


Figura 2. Confinament d'hidrogen gas obtingut en l'oxidació de zinc amb àcid clorhídric fent servir el muntatge ideat per Hales. Les fletxes de la fotografia B mostren les bombolles d'hidrogen.

Els nombrosos treballs i descobriments en relació amb els gasos que s'havien fet durant tot el segle xvii i una gran part del xviii havien de ser reunits en una teoria global, cosa que va ocórrer al final del mateix segle xviii, de mans del químic francès

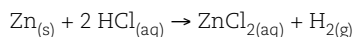
Antoine Laurent Lavoisier. Aquest va reconèixer la importància de les mesures precises en totes les seves investigacions químiques i insistia a pesar-ho i mesurar-ho tot, tal com feien els físics des de feia temps (la física, en aquella època, ja era considerada una ciència). Gràcies a la seva pulcritud i a l'exactitud dels seus experiments, va poder formular la llei de conservació de la matèria, que iniciava l'estudi de la química tal com és en l'actualitat. L'invent de la impremta va permetre que els seus llibres arribessin a tothom, la qual cosa va fomentar l'expansió del coneixement de la química.

Laboratori

Preparar un muntatge per obtenir i confinar un gas, com ara l'hidrogen, és relativament senzill, alhora que el procediment és pràcticament el mateix que va idear Hales. Només cal disposar d'un erlenmeyer, un tub proveït d'una òliba, una proveta i un vas de precipitats.

Tal com es mostra a la fig. 2a, a l'interior de l'erlenmeyer s'afegeix zinc en pols i s'hi addicionen amb molta cura entre cinc i sis gotes d'àcid clorhídric concentrat. El zinc metàl·lic és oxidat a zinc(II) per l'acció de l'àcid clorhídric, de manera que es forma clorur de

zinc i es desprèn gas hidrogen, segons la reacció següent:



Per poder atrapar i, posteriorment, estudiar el gas hidrogen generat, cal fer-lo bombollear dins de la proveta plena d'aigua (fig. 2b). S'observa com el gas va desplaçant l'aigua i, finalment, s'obté una proveta plena de gas hidrogen.

Cal indicar que les lectures parcials dels llibres de Boyle (2012) i Lavoisier (2000) poden ser molt il·lustratives per a l'alumnat.

Conclusions

Nova tecnologia. Es poden citar dos grans esdeveniments en l'estudi dels gasos: el descobriment de la bomba de buit (o màquina pneumàtica) per part d'Otto von Guericke (1602-1686) i l'invent de la bóta pneumàtica per part de Stephen Hales.

Nous elements químics. Els elements arsènic (As), antimoni (Sb) i fòsfor (P) es van aïllar i aplicar en aquest període.

Currículum. Aquest experiment pot relacionar-se, segons el nivell educatiu, amb l'estudi dels estats de la matèria, amb el de les lleis generals dels gasos fins a la llei dels gasos perfectes i, finalment, amb el de les propietats dels àcids i les bases.

Experiment 3. La pila de Volta

Situació històrica

Al final del segle XVIII, el físic italià Alessandro Volta (1745-1827) va descobrir alguns dels secrets de l'electricitat, però el més decisiu va ser quan, l'any 1800, literalment va apilar discos de plata i de zinc col·locant-los de forma alternada i separats per discos de cartró mullat amb salmorra. Aquesta pila es coneix actualment com a *pila de Volta* i produïa corrent elèctric quan

l'extrem superior i l'inferior s'unien mitjançant un cable. Aquesta pila produïa un flux més o menys gran de corrent elèctric, a diferència de l'ampolla de Leiden, construïda pel filòsof natural holandès Pieter van Musschenbroek (1692-1761), que descarregava tota l'electricitat emmagatzemada d'una sola vegada.

La pila de Volta va ser la primera a indicar clarament que les reaccions químiques tenien a veure amb l'electricitat. Si una reacció química podia produir un corrent elèctric, no era tan desproporcionat pensar que un corrent elèctric podia provocar una reacció química. De fet, sis setmanes després que Volta exposés la seva pila, dos químics anglesos, William Nicholson (1753-1815) i Anthony Carlisle (1768-1840), van fer passar un corrent elèctric a través de l'aigua observant que es desprenien bombolles de gas de les dues varetes de metall que havien submergit per fer passar el corrent. El gas que apareixia d'una de les varetes era l'hidrogen i el de l'altra, l'oxigen. D'aquesta manera van demostrar l'acció contrària de la pila, és a dir, que l'electricitat provocava una reacció química: la descomposició de l'aigua en hidrogen i oxigen.

El químic anglès Humphry Davy (1778-1829) va tenir la idea de «separar» els elements que formaven els compostos químics, és a dir, descompondre els compostos químics fent passar electricitat a través d'ells. Davy va construir la pila elèctrica més potent fins aleshores utilitzant dues-centes cinquanta plaques metàl·liques. Posteriorment, va fer passar un corrent elèctric a través de potassa fosa (carbonat de potassi) i va aconseguir alliberar petites gotes de potassi. Després va fer passar electricitat a través d'altres sals foses. D'aquesta

manera va aïllar sodi del carbonat de sodi i també diferents metalls dels seus respectius òxids: magnesi de la magnesita, estronci de l'estroncianita, bari de la baritina i calci d'una mescla d'òxid de calci i de carbonat de calci (calç).

Humphry va ser el pare de l'electròlisi. Gràcies als seus treballs, el seu ajudant, Michael Faraday (1791-1867), va impulsar una nova tècnica, molt estesa tant en el món industrial com en el de la recerca, anomenada *electroquímica*. Va descobrir, l'any 1833, les lleis que la regeixen, va introduir el concepte *equivalent electroquímic* i va crear la seva terminologia bàsica; per a una revisió, vegeu Grapí (2008).

Laboratori

En un laboratori es pot construir una pila derivada de la pila voltaica. En una xeringa es col·loca una moneda de coure; a sobre, una placa de zinc, i, després, un paper mullat amb una solució de clorur de sodi (NaCl) 4M, per tal de garantir la circulació dels electrons d'un extrem a l'altre. Es repeteix aquest muntatge fins a tenir uns deu apilaments (fig. 3a i 3b). Amb l'ajut d'un tèster, es mesura experimentalment el corrent elèctric produït per la pila. L'ànode (pol negatiu) es posa en contacte amb el paper que està a sobre de la placa de zinc i el càtode (pol positiu) es posa en contacte amb la moneda de coure (fig. 3c).

Conclusions

Nova tecnologia. L'electricitat aplicada a la química: aïllar metalls dels seus òxids (electròlisi) i estudiar les reaccions d'oxidació-reducció. Aplicar l'electricitat al cos humà (inici de la fisiologia).

Nous elements químics. Tots aquells que es van descobrir per

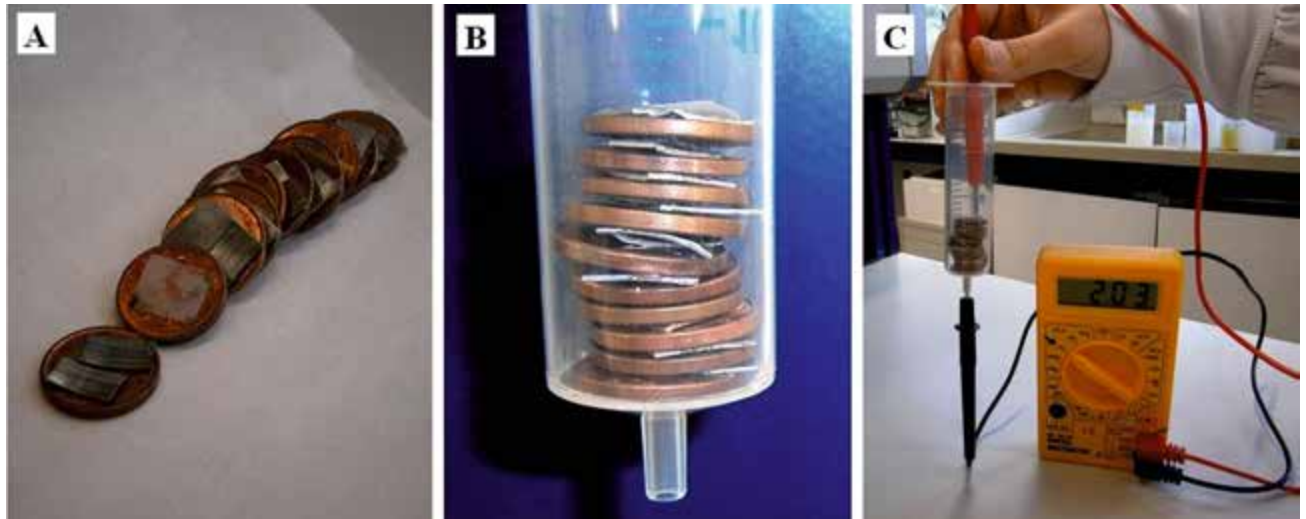


Figura 3. Muntatge d'una pila voltaica fet amb monedes de coure, làmines de zinc i papers mullats amb una solució de clorur de sodi (4M) que es van col·locant intercaladament dins d'una xeringa.

mitjà de l'electròlisi de les seves sals foses, com ara el sodi (Na), el potassi (K), l'estronci (Sr), el calci (Ca) i el bari (Ba). També es van obtenir els gasos oxigen (O), hidrogen (H), nitrogen (N) i clor (Cl).

Currículum. Aquest experiment pot relacionar-se, segons el nivell educatiu, amb l'estudi de l'electricitat, amb el de les lleis de Faraday i l'electròlisi i, finalment, amb el de les reaccions d'oxidació-reducció.

Experiment 4. L'espectroscòpia

Situació històrica

A la primeria del segle XIX es va produir un altre descobriment crucial per a la història de la química: la invenció de l'espectroscopi. Però abans ens hem de remuntar al segle XVII, quan el filòsof natural anglès Isaac Newton (1642-1727) va comprovar que qualsevol feix de llum blanca (no necessàriament procedent del Sol) que incidís en un prisma òptic es descomponia en l'espectre de colors de l'arc de Sant Martí, del vermell al violeta.

L'any 1814, l'òptic alemany Joseph von Fraunhofer (1787-1826) va fer passar llum a través d'una reixeta i, a continuació, a

través dels prismes triangulars que ell mateix fabricava. Així, va observar que la llum solar formava un espectre de colors creuat per una sèrie de línies fosques. Va comptar i anotar curiosament la posició d'unes sis-cents línies. Al final de la dècada del 1850, aquestes línies van servir per proporcionar informació sobre els elements que es cremaven a la flama. La font bàsica de llum en aquell moment era la flama obtinguda amb un encenedor Bunsen.

Aquest invent del químic alemany Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) cremava una mescla de gas i aire per produir una flama calenta i d'escassa lluminositat. Bunsen va col·laborar amb el físic alemany Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) per estudiar els espectres de línies lluminoses que emetien els metalls incandescents quan eren escalfats a la flama. Ambdós científics van desenvolupar l'espectroscopi, que va permetre als químics identificar els elements pels colors de la llum que emetien quan s'escalfaven.

Fent ús de l'espectroscòpia, Jules Janssen (1824-1907) i Joseph Norman Lockyer (1836-1920), l'any 1868, van descobrir l'heli en l'espectre del Sol, un element

químic que encara no s'havia trobat a la Terra. Actualment, els astrònoms i físics fan ús de l'espectroscòpia per analitzar l'espectre d'emissió dels planetes, les estrelles o els meteorits per tal de descobrir de quins elements estan formats; per a una revisió, vegeu Sharma (2007).

Laboratori

L'espectroscòpia a la flama es pot dur a terme al laboratori amb una certa facilitat; només cal un espectroscopi manual, un bec de Bunsen o una llàntia d'alcohol. En cremar-los, el clorur de coure(I) (CuCl) fa una flama verda molt intensa (fig. 4a); el clorur de liti (LiCl), una flama vermellova (fig. 4b), i el clorur de sodi (NaCl), una flama taronja (fig. 4c).

És possible construir un espectroscopi manual amb l'ajut d'una capsula i un disc compacte, tal com es mostra a la fig. 5, per estudiar els espectres d'emissió de les diverses fonts de llum que ens envolten en el nostre dia a dia, com ara la llum natural o la llum emesa pels cations metàl·lics dels clorurs esmentats anteriorment.

Conclusions

Nova tecnologia. El bec de Bunsen i l'espectroscopi.

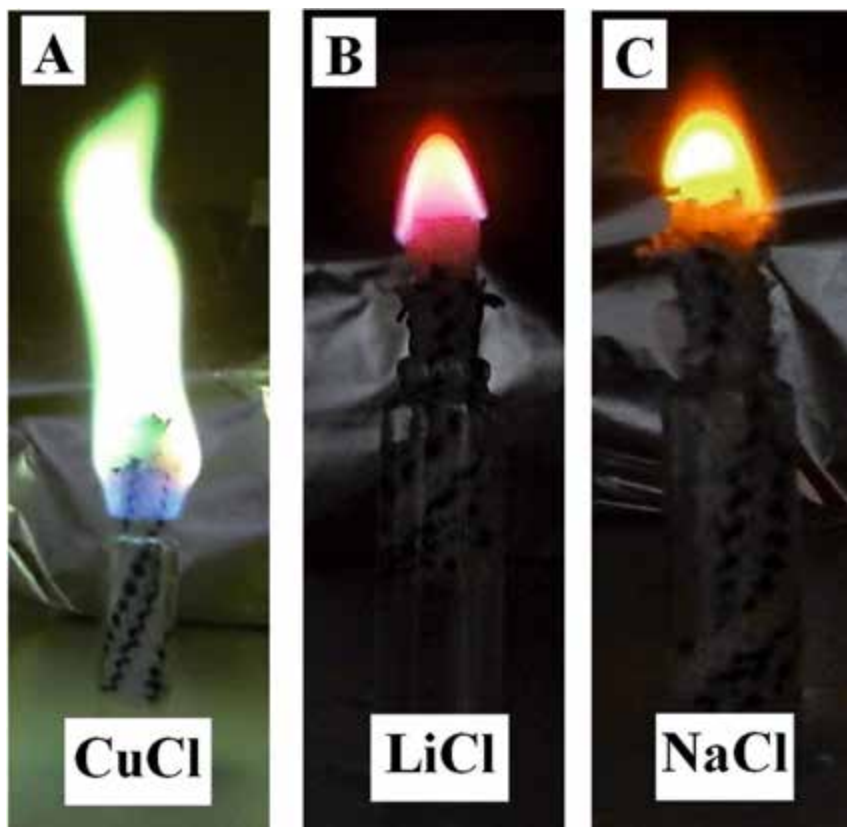


Figura 4. Espectre d'emissió del CuCl (a), del LiCl (b) i del NaCl (c).



Figura 5. Espectroscopi manual fet amb una capsa i un disc compacte.

Nous elements químics. Els gasos nobles heli (He), neó (Ne), argó (Ar), criptó (Kr), xenó (Xe) i radó (Rn).

Currículum. Aquest experiment pot relacionar-se, segons el nivell educatiu, amb l'estudi de la llum, amb el del reconeixement dels elements químics, amb el de l'estructura atòmica i, finalment, amb el de l'espectre visible, l'ultraviolat i l'infraroig.

Referències

ASIMOV, I. (1975). *Breve historia de la química: Una introducción a las ideas y conceptos de la química*. Madrid: Alianza.

— (1990). *Cronología de los descubrimientos*. Barcelona: Ariel Ciencia.

BENSAUDE, B.; STENGERS, I. (1997). *Historia de la química*. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana Española.

BOYLE, R. (2012). *El químico escéptico*. Barcelona: Crítica.

BUTTERFIELD, H. (1965). *The origins of modern science*. Nova York: MacMillan.

ELIADE, M. (1990). *Herreros y alquimistas*. Madrid: Alianza.

GRAPÍ, P. (2008). «L'electrificació del canvi químic: Els inicis al primer quart del segle XIX». *Educació Química EduQ*, 1: 51-57.

LAVOISIER, A. L. (2000). *Tractat elemental de química*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans; Vic: Eumo.

SHARMA, B. K. (2007). *Spectroscopy*. Delhi: Prakashan.



Josep M. Fernández-Novell

És llicenciat en química per la Universitat de Barcelona i doctorat en bioquímica per la mateixa Universitat. Actualment n'és professor al Departament de Bioquímica i Biologia Molecular. Una de les seves preocupacions és la divulgació de la química (i de la ciència en general) a partir de la seva història. Recentment ha escrit el llibre *Petita història de la química per a petits i grans*.

A/e: jmfernandeznovell@ub.edu.



Mireia Díaz-Lobo

És llicenciada en química per la Universitat de Barcelona (2007). Actualment està fent la tesi doctoral al Departament de Bioquímica i Biologia Molecular de la Facultat de Biologia de la mateixa Universitat. Les dues línies d'investigació principals en què es troba absorta són l'estudi del mecanisme catalític de les proteïnes glicosiltransferases i l'obtenció d'inhibidors per a aquestes proteïnes. També està involucrada en la divulgació de la química.

A/e: mireia.diaz@irbbarcelona.org.