

«Reacciona... explota!», un taller per fomentar vocacions científiques

«React... explode!», a workshop to promote scientific careers

Josep Duran i Carpintero i Pep Anton Vieta i Corcoy / Universitat de Girona. Departament de Química. Càtedra de Cultura Científica i Comunicació Digital



resum

El taller «Reacciona... explota!» és un projecte de divulgació científica que permet descobrir la cara més atractiva de la química als estudiants preuniversitaris. Consisteix en la realització d'experiments de química recreativa. Els alumnes senten un especial interès pels experiments sorprenents i espectaculars, amb canvis de color, llum, soroll, fum... Tots tenen un nom molt atractiu: «El monstre del vàter», «La serp del faraó», «El món del fred», «La reacció termita»...

paraules clau

Motivació, recursos didàctics, divulgació científica, experiments químics al·lucïnants.

abstract

The workshop «React... explode!» is a project of science that shows the most attractive side of chemistry to pre-university students. It consists of carrying out recreational chemical experiments. Most students have more interest in the amazing and spectacular experiments which involve changes of colour, light, noise, smoke... The names of the experiments are very attractive: «The toilet's monster», «The pharaoh's snake», «The world of cold», «The termite reaction»...

keywords

Motivation, educational resources, science vulgarization, amazing chemical experiments.

Introducció

Amb el taller «Reacciona... explota!», el Grup de Química Recreativa de la Càtedra de Cultura Científica i Comunicació Digital (C4D) i el Departament de Química de la Universitat de Girona van acostar la química, la ciència i la recerca a més de dos mil alumnes preuniversitaris durant el curs passat.

L'experiència ve de força lluny, quan l'any 2003 es va iniciar el projecte *laQuimica.net*, que tenia com a finalitat apropar la química als estudiants de secundària. Els professors del Departament de Química implicats en el pro-

jecte van ser reconeguts amb la concessió de la Distinció Jaume Vicens Vives a la qualitat docent universitària, atorgada l'any 2007 per la Generalitat de Catalunya. Aquest és l'embrió del qual van néixer, l'estiu del 2008, la C4D i el Grup de Química Recreativa.

La recent celebració de l'Any Internacional de la Química (AIQ 2011) ha fet més palesa la presència de la química en la vida quotidiana. Aquesta ciència sovint es presenta com a poc útil, fins i tot perillosa, que contamina i que només es porta a terme en laboratoris i indústries. Tanmateix, els estudiants de secundària

consideren que la química és una assignatura complicada i l'actual programa de secundària no afavoreix precisament que els alumnes es motivin per aquesta ciència. Sumant els dos factors, no és estrany que cada vegada hi hagi menys estudiants de secundària que escullin el currículum científic i encara menys que vulguin estudiar química i cursar-ne el grau universitari.

El títol del projecte és un joc de paraules. Tot i que és evident que estem parlant de química, aquestes dues paraules es dirigeixen al públic. Gràcies a les trobades que el nostre Departament organitza

des de fa temps amb professors de secundària i batxillerat, hem arribat a la conclusió que un dels factors fonamentals en l'aprenentatge és la motivació. I és en aquest punt que es vol incidir amb aquesta proposta. «Reacciona!» és una provocació: estem dient a qui ens escolta que es desperti, que estigui atent. «Explota!» és la conseqüència de l'acció anterior: vol dir-li a l'estudiant que sigui capaç d'expressar tot allò que porta dins, que mostri les seves capacitats. L'un és conseqüència de l'altre: despertar-se per actuar.

Descripció del taller

El taller consisteix en la realització d'experiments amb un fil conductor comú, però que poden variar en funció del nivell dels estudiants o de l'interès del centres per una determinada temàtica. Enguany, els experiments segueixen una història de la química que comença amb els alquimistes.

En l'experiment anomenat «Les dents de drac», un alquimista explica les seves teories sobre la matèria i els quatre elements que la formen: aire, aigua, terra i foc. Posa com a exemple que els dracs treuen foc per la boca i que ell ha descobert com s'ho fan: són les seves dents i la seva saliva, les quals, quan es barregen, fan fum i foc. Uns segons després que l'alquimista ha ajuntat les dents de drac (terra) amb la saliva (aigua), comença a aparèixer fum blanc (aire) i, tot seguit, una gran flama (foc) d'un bonic color porpra. En aquest experiment màgic es combinen els quatre elements alquímics (figura 1).

Durant segles, l'alquímia va ser una pràctica oculta, màgica i a l'abast de molt poques persones. A poc a poc, però, aquest vessant màgic es va anar posant en dubte. Un dels primers a fer-ho va ser Robert Boyle, el qual, amb la publicació *El químic escèptic*, defensava que la química era la ciència



Figura 1. Experiment alquímic anomenat «Les dents de drac».



Figura 2. El nitrogen líquid pot congelar una flor en qüestió de segons.

de la composició de les substàncies. Tot i que ell encara creia en la transmutació dels metalls, les seves aportacions a la ciència van ser molt importants, com és el cas del descobriment del fòsfor. En l'experiment «Una amistat explosiva», s'utilitza fòsfor per demostrar-ne la reactivitat.

Tot i la importància de Boyle, es considera que el pare de la química moderna va ser Antoine Laurent Lavoisier. Per exemple, Lavoisier va demostrar que ni l'aire ni l'aigua no eren elements i va refusar la teoria del flogist. També va batejar el gas majorita-

ri de l'aire com a azot (no apte per a la vida), tot i que després es va anomenar *nitrogen* (en francès, però, es diu *azote*).

El nitrogen líquid és el protagonista dels experiments anomenats «El món del fred», en els quals s'aprofita la capacitat criogènica del nitrogen líquid (figura 2). L'alquimista ja deixa pas al científic.

Si no és possible transportar nitrogen líquid, es poden fer altres reaccions en les quals intervingui un compost de nitrogen. Un exemple és «La serp del faraó».

Diu la llegenda que el dia que s'ajuntin les restes de la mòmia

de Tutankamon amb la sorra del desert sota la llum i la calor del Sol, caurà sobre la Terra la maledicció de la mòmia en forma de la serp del faraó. Com que aquesta és una llegenda prou interessant, convé provar si és veritat: es barregen sorra del desert i fragments de la mòmia, es ruixa la barreja amb combustible d'encegador i es crema per simular el Sol. Sorprenentment, de la sorra del desert comença a aparèixer una inquietant figura que realment sembla una serp maleïda.

La revolució industrial va suposar un canvi històric en el qual la humanitat va començar a manipular màquines per ajudar-se en el treball. Una de les claus de la revolució industrial va ser la màquina de vapor, de la qual, segurament, la més representativa va ser la locomotora de tren. Les xarxes de vies fèrries també van suposar una gran fita. La ficció cinematogràfica també ho ha presentat així en moltes pel·lícules del gènere *western*. Per unir fragments de vies de tren es feia servir una reacció molt exotèrmica, en la qual es forma ferro fos. Es tracta de la reacció termita, que deu el seu nom al fet que és capaç de foradar planxes metàl·liques. En el nostre cas, fem servir la soldadura aluminotèrmica per soldar claus. En aquesta reacció, la temperatura assolida supera els 2.500 °C, de manera que el ferro que s'obté és fos i permet unir peces metàl·liques, com ara claus. Si la reacció es pot fer a la penombra, l'efecte és realment espectacular (figures 3 i 4).

Cada descobriment d'un nou element suposava un significatiu pas endavant en el progrés científic. Els alquimistes no sabien diferenciar compostos (com l'aigua) d'elements, i fins a mitjan segle XIX tampoc no era senzill diferenciar uns elements d'uns altres.

El descobriment de l'espectre d'emissió dels àtoms va tenir una



Figures 3 i 4. L'espectacular reacció termita i els claus soldats pel ferro fos que s'hi forma.

importància cabdal a l'hora d'identificar nous elements. I també va tenir altres conseqüències: la interpretació de l'espectre d'emissió de l'àtom d'hidrogen va permetre un nou model atòmic basat en la quantització de l'energia. L'experiment anomenat «Les flames de colors» consisteix a polvoritzar una dissolució de sals metàl·liques en etanol sobre una flama. D'aquesta manera, s'obtenen flames grogues, vermelles, verdes o blaves.

El futur encara no està escrit. Potser tindrà a veure amb les energies renovables, amb la utilització de l'hidrogen com a combustible o amb el desenvolupament de processos químics més respectuosos amb el medi ambient. És en aquest sentit que treballa la química sostenible, també anomenada *química verda*.

Una de les línies en les quals es treballa és la utilització de catalitzadors, que permeten reduir les pressions i temperatures de treball, alhora que afavoreixen el que s'anomena *economia atòmica*: es minimitza o s'anul·la l'obtenció de productes no desitjats. D'aquesta manera, s'aprofiten millor els recursos i s'evita el fet d'haver de tractar subproductes.

Un bon exemple per visualitzar l'acció d'un catalitzador és la reacció de desproporció del peròxid d'hidrogen. Es tracta d'un procés molt lent a temperatura ambient. Amb l'addició d'un catalitzador, la reacció s'accelera i l'oxigen s'allibera a gran velocitat amb una reacció exotèrmica. Si s'ha afegit sabó líquid al peròxid d'hidrogen, aleshores la reacció esdevé molt espectacular (figura 5).



Figura 5. Reacció catalitzada de desproporció de l'aigua oxigenada.

Part experimental

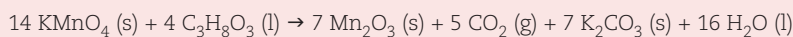
Amb la voluntat que els experiments que formen part del taller «Reacciona... explota!» puguin ser realitzats també per part del professorat de química de secundària, a continuació es presenten algunes de les experiències realitzades. S'expliquen el material i els reactius necessaris, el procediment a seguir i el fonament teòric. Amb aquesta informació, el professorat de química podrà reproduir els experiments del taller i elaborar activitats per treballar aspectes concrets dels currículums, tot afavorint l'interès i la motivació dels alumnes.

En totes les reaccions, cal seguir les mesures de seguretat habituals: l'ús de bata i ulleres de seguretat i la manipulació dels reactius perillosos per part d'una persona experimentada.

«Les dents de drac»

Fonament

En aquest experiment es produeix una reacció exotèrmica com a conseqüència de l'oxidació de la glicerina per part del permanganat.



Material

- Rajol
- Espàtula
- Xeringa o comptagotes (per afegir la glicerina)

Reactius

- Permanganat de potassi
- Glicerina

Procediment

Sobre una superfície plana i resistent a la calor, es disposa 1 g de permanganat de potassi apilonat en forma de volcà. S'hi fa un petit orifici a la part superior, on es disposa 1 mL de glicerina. Després d'uns 20 s, s'observa la formació de fum, seguida d'una flama porpra (vegeu la figura 1, que reproduïm aquí al costat).



«Una amistat explosiva»

Fonament

El gran poder reductor del fòsfor i el gran poder oxidant del clorat de potassi fan que la reacció entre aquestes dues substàncies sigui molt exotèrmica i de caràcter explosiu. La barreja de fòsfor i clorat de potassi és sensible a la percussió, de manera que, si un objecte pesant cau sobre ella, la pressió activa la reacció química següent:



Material

- Fusta planera
- Martell petit
- Espàtula petita amb cullera
- Ploma d'au

Reactius

- Fòsfor vermell
- Clorat potàssic

Procediment

Sobre una superfície plana, com ara una fusta, es disposen 0,1 g de fòsfor vermell. S'hi afegeix una quantitat igual de clorat de potassi. Els dos sòlids es mesclen amb compte de no donar-hi cap cop ni de fregar massa fort. Per aquest motiu es fa servir una ploma, la qual cosa afegeix dramatisme a l'acció. Si la manipulació la fa un alumne, cal advertir-lo de la perillositat de la mescla. Un cop la mescla és prou homogènia, s'apilona i es colpeja amb el martell. Aleshores es produeix una sonora explosió acompanyada de llum i fum (figura 6). Convé no superar les quantitats esmentades, ja que la reacció és violenta.



Figura 6. Reacció entre el fòsfor vermell i el clorat de potassi iniciada per pressió.

«El món del fred»

Fonament

El nitrogen líquid es troba a una temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aprofitant aquesta capacitat criogènica, es poden fer demostracions molt interessants relacionades amb la baixa temperatura. Per exemple, les cèl·lules, com les d'una flor o les d'un plàtan, estan formades majoritàriament per aigua. Es poden congelar per acció del fred i, aleshores, la flor i el plàtan adquireixen prou rigidesa per ser trencada, en el primer cas, o per actuar com a objecte contundent, en l'altre. També podem refredar un globus ple d'aire. El fred disminueix l'energia cinètica de les molècules que formen l'aire, per la qual cosa col·lideixen amb les parets del globus a una velocitat menor i l'efecte observat és que el globus es desinfla.

Material

- Recipient per transportar el nitrogen líquid (normalment, un vas Dewar)
- Flor
- Plàtan, fusta i clau
- Globus llarg
- Nitrogen líquid

Procediment

Cal tenir ben present que el nitrogen líquid està tan fred que pot provocar cremades a la pell, si no es manipula convenientment.

Una flor es pot congelar en pocs segons només submergint-la en el recipient que conté el nitrogen líquid. Els pètals, aleshores, es tornen trencadissos i es poden esmicolar fàcilment amb la simple pressió dels dits (vegeu la figura 2).

El mateix tipus de demostració es pot fer amb un plàtan. Després d'uns minuts de submergir un extrem del plàtan en nitrogen líquid, aquest ha adquirit prou consistència com per poder clavar un clau en una fusta. El plàtan s'ha de subjectar per l'extrem no congelat.

Un darrer experiment que es pot fer és refredar un globus ple d'aire. L'efecte macroscòpic observat és que el globus es desinfla. En deixar escalfar de nou l'aire, el globus torna a adquirir el volum inicial (figura 7). Si abans de deixar escalfar el globus s'hi fa un nus que impedeixi la recuperació del volum complet, la pressió de l'aire serà suficient com per poder fer explotar el globus.

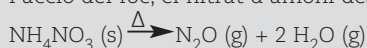


Figura 7. Efecte del fred sobre un globus ple d'aire.

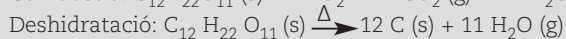
«La serp del faraó»

Fonament

Aquesta reacció és una versió menys tòxica de «La serp del faraó» que es fa amb mercuri. Quan la mescla s'escalfa per l'acció del foc, el nitrat d'amoni descompon per donar lloc a monòxid de dinitrogen, el gas del riure:



Alhora, el sucre es caramel·litza per l'acció de la calor. En aquest estat plàstic, el sucre s'infla per l'acció del gas després. A mesura que el sucre s'infla i la reacció continua, el sucre acaba per cremar-se, en una reacció que combina la combustió i la deshidratació:



El que s'obté de la reacció és carbó inflat, amb una forma que recorda la d'una serp. Es tracta d'un bonic experiment en el qual intervenen diverses reaccions i que permet introduir diferents temes quotidians, des de la cuina fins als explosius.

Material

- | | | |
|--------------------------------|--------------|------------------|
| - Rajola | - Sorra fina | - Sucre |
| - Combustible per a encenedors | - Encenedor | - Nitrat d'amoni |
| - Espàtula | | |

Reactius

Procediment

Es prepara una mescla homogènia amb 3 g de sucre i 3 g de nitrat d'amoni.

Sobre una rajola, es fa un munt de sorra fina i, al bell mig, s'hi fa un clot. El forat s'omple amb la barreja de sucre i nitrat d'amoni i es ruixa amb el combustible. S'encén i s'espera per veure com de la sorra inerta emergeix una inquietant figura envoltada de foc (figura 8).

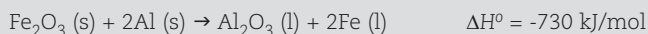


Figura 8. Màgica aparició de la «serp del faraó».

«La reacció termita»

Fonament

Es tracta d'una reacció redox en la qual l'alumini redueix l'òxid de ferro (III) a ferro metàl·lic. La reacció és tan exotèrmica que se supera la temperatura de fusió del ferro, per la qual cosa s'obté en estat fos. D'aquesta manera es poden unir (o soldar) diverses peces de ferro.



Material

- Rajola
- Sorra
- Espàtula
- Bengala infantil
- Claus de ferro

Reactius

- Alumini en pols
- Òxid de ferro (III)

Procediment

Es prepara una mescla amb 3 g d'òxid de ferro (III) i 1 g d'alumini en pols. Sobre una rajola, es fa un base de sorra que faci de continent a la mescla. S'hi diposita aproximadament la meitat de la mescla i es posen uns claus al damunt, que estiguin en contacte entre ells i amb la mescla. S'hi clava una bengala que farà la funció de metxa i s'hi acaba d'afegir la resta de la mescla. S'encén la bengala i, quan la flama arriba a la mescla, inicia una espectacular reacció exotèrmica que desprèn una gran quantitat de calor, llum i fum, a més de guspises de ferro fos (vegeu la figura 3). Una altra versió de la reacció permet foradar planxes de ferro, com és el cas de l'experiment de la figura 9.



Figura 9. «Reacció termita» a la Researchers' Night 2010. Fotografia: Òscar Bonet.

«Flames de colors»

Fonament

Determinades sals metàl·liques són molt utilitzades en els focs artificials. Els diversos colors de les flames són causats pel diferent espectre d'emissió dels elements metàl·lics presents a les dissolucions.

Material

- Bunsen o flama regular
- Polvoritzadors

Reactius

- Etanol (en el seu defecte, alcohol de cremar)
- Clorur de liti
- Àcid bòric
- Clorur de sodi
- Clorur de coure (II)

Procediment

Es preparen dissolucions en alcohol de les sals esmentades (o d'altres, segons els colors que es vulguin visualitzar). Una concentració del 5 % acostuma a ser més que suficient per apreciar bé els colors. Les dissolucions es traspassen a uns flascons polvoritzadors. Es ruixa una flama estable i s'observa com el color de la flama varia en funció de la dissolució emprada. Es poden aconseguir grans flames fent servir ruixadors a pressió, com els que es fan servir per ensulfatar plantes.

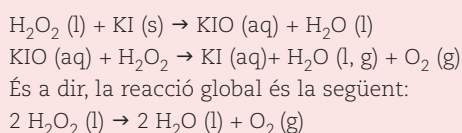


Figura 10. Flama d'una dissolució alcohòlica de clorur de coure (II).

«El monstre del vàter»

Fonament

El peròxid d'hidrogen desproporciona a temperatura ambient per donar aigua i oxigen. Amb tot, la reacció és tan lenta que no s'aprecia; ni tan sols quan s'afegeix sabó líquid no s'observa la formació de bombolles ni d'escuma. Amb la participació d'un catalitzador, la reacció s'accelera de forma espectacular i es forma gran quantitat d'escuma.



Material

- Un recipient tipus baló, Erlenmeyer o proveta d'1 L

Reactius

- Peròxid d'hidrogen al 30 %
- Iodur de potassi
- Sabó líquid

Procediment

En un recipient d'1 L s'aboquen uns 200 mL de peròxid d'hidrogen al 30 %. Aquesta operació l'ha de realitzar una persona experta fent servir guants, ja que l'aigua oxigenada, quan supera el 10 % de concentració, provoca cremades i coïssor a la pell. S'afegeixen al recipient uns 5 mL de sabó líquid i, seguidament, 1 g de iodur de potassi sòlid. Molt ràpidament s'observa la formació d'una gran quantitat d'escuma, que surt pel broc del recipient (vegeu la figura 5). També s'observa que la reacció és exotèrmica per la condensació del vapor d'aigua que es desprèn del recipient.

Resultats

El Grup de Química Recreativa ha pres com a propis els objectius de l'AIQ 2011, tot fent arribar una visió lúdica i atractiva de la química, alhora que formativa. Tot i que fa anys que aquest grup es desplaça a centres preuniversitaris de l'àrea d'influència de la Universitat de Girona, ha estat durant aquest curs passat que el taller «Reacciona... explota!» ha arribat més lluny: ha visitat quaranta-dos centres de les comarques gironines, el Maresme i Osona. Així, més de dos mil estudiants de l'entorn gironí han participat en aquest taller. Fora de l'entorn més proper, es va presentar el taller «Reacciona... explota!» en el marc d'accions relacionades amb l'AIQ 2011, com les IV Jornades sobre l'Ensenyament de la Física i la Química, al CosmoCaixa de Barcelona; les XV Jornades Curie, a Alacant, o l'Aula de la Ciència de la Universitat de Cantàbria, entre d'altres.

La comunicació oral es complementa amb la comunicació virtual. La divulgació viatja també per la xarxa, i el passat curs es va posar en funcionament el portal <http://www.reacciona.cat>, on es mostra aquesta activitat divulgativa. La intenció és que aquest web acabi sent un referent pel que fa a la química recreativa com a instrument per divulgar la ciència en l'àmbit català.

Conclusions

La percepció és que el taller motiva els estudiants i que pot fer augmentar les vocacions científiques. Aquesta afirmació rep el suport de l'opinió dels professors, que agraeixen la visita d'investigadors i professors universitaris als seus centres. A més, s'estableix un vincle molt necessari que fa palesa la presència de la nostra Universitat en la societat. Aquesta percepció esperem ben aviat poder-la corroborar amb un estudi

iniciat en col·laboració amb onze centres de secundària amb els quals la Universitat, a través de la C4D, ha signat un conveni de cooperació educativa.

Sigui com sigui, els estudiants, el futur de la nostra societat, tindran una visió diferent de la ciència: més útil, més atractiva, més interessant. Tant de bo es preguntin més sovint el perquè del que els envolta. Si és així, haurem fet una bona feina.

Agraïments

El projecte ha comptat amb un ajut de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno de España), l'any 2009; amb un Ajut per a la Comunicació de la Recerca (Universitat de Girona), l'any 2010, i amb un ajut per a Actuacions en l'Àmbit de la Divulgació Científica (Direcció General de Recerca de la Generalitat de Catalunya), l'any 2011.

Agraïm el suport donat al projecte a totes les institucions esmentades.

Bibliografia

- LISTER, T. (2003). *Experimentos de química clásica*. Madrid: Síntesis.
- FOR, L. (1993). *Chemical magic*. Nova York: Dover.
- ESTALELLA, J. (2008). *Química recreativa*. Girona: Competium.
- ROESKY, H. W. (2007). *Spectacular chemical experiments: Chemical curiosities*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- ROESKY, H. W.; MÖCKEL, K. (2003). *Chemical curiosities*. Weinheim: VCH.

Webs

- «Reacciona... explota!» [en línia]. Girona: s. n. <<http://www.reacciona.cat>> [Consulta: 23 gener 2012]
- Recerca en acció [en línia]. Barcelona: Fundació Institució Catalana de Suport a la Recerca. <<http://recercaenaccio.cat>> [Consulta: 23 gener 2012]

Steve Spangler science [en línia]. Colorado: s. n. <<http://www.stevespanglerscience.com>> [Consulta: 23 gener 2012]

Periodic videos [en línia]. Nottingham: University of Nottingham. <<http://www.periodicvideos.com>> [Consulta: 23 gener 2012]



Josep Duran

És professor titular de química a la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona. La seva recerca es troba a cavall entre els catalitzadors asimètrics i la divulgació. És membre de la Càtedra de Cultura Científica i Comunicació Digital i és el responsable de les relacions amb secundària del Departament de Química. Treballa activament en projectes de divulgació com els que es presenten en aquest article amb la finalitat de fomentar les vocacions científiques a la societat i, en especial, als estudiants preuniversitaris.

A. e.: josep.duran@udg.edu



Pep Anton Vieta Corcoy

És llicenciat en química per la Universitat de Girona i màster en química mèdica i disseny molecular per la mateixa Universitat. Com a membre de la Càtedra de Cultura Científica i Comunicació Digital, realitza tasques de divulgació i comunicació de la ciència. Actualment també està desenvolupant una tesi doctoral en l'àmbit de la química teòrica a l'Institut de Química Computacional de la Universitat de Girona.

A. e.: josepantoni.vieta@udg.edu