



Lluís Nadal i Balandras

Centre de Documentació i Experimentació de Ciències (Barcelona). IB Lluís de Requesens  
(Molins de Rei)

### Reaccions espectaculars i de Química recreativa

#### Precaucions generals:

- Les barreges sòlides d'oxidants amb reductors enèrgics, no s'han de fer mai en un morter, doncs moltes d'aquestes barreges s'encenen o exploten per xoc o per fricció, primer s'haurà de polvoritzar els ingredients per separat i després barrejar-los suaument damunt d'un paper.

- Cal portar ulleres de seguretat en totes les reaccions violentes o que utilitzin substàncies càustiques i no posar-se massa a prop.

- Les reaccions que són molt exotèrmiques s'han de fer damunt d'una superfície que protegeixi la taula i que no importi si es fa mal bé: una tela ceràmica, un totxo,...si es fan dins d'una càpsula de porcellana aquesta es trencarà.

- Les reaccions explosives s'han de fer de tal manera que no pugui sortir "metralla" disparada: per exemple es pot fer un petard amb un embolcall de paper però no s'ha d'encendre la pólvora dins d'un tub metàl·lic o una ampolla de vidre...

1) **Volcà.** Es fa un munt de dicromat d'amoni i s'encén pel mig o bé tocant-lo amb un filferro roent o posant-li un tros de paper de filtre mullat amb alcohol i encenent-lo. Cremarà fent espurnes i formant un cràter que deixa entreveure regions incandescent que semblen lava.  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

2) Si es deixen caure una o dues gotes (cal anar en compte de que no hi caigui un raig!) d'etanol sobre una mica d'òxid de crom(VI) prèviament polvoritzat en un morter, s'encén instantàniament fent una flama molt lluminosa.  $4\text{CrO}_3 + \text{C}_2\text{H}_6\text{O} \rightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$   
(També encenen l'alcohol barreges d'àcid sulfúric amb permanganat de potassi, clorat de potassi o dicromat de potassi però són perilloses; en canvi es pot encendre un fogó d'alcohol sense perill: es posa un cristallet de clorat de potassi o de permanganat de potassi a la metxa del fogó i es toca amb una vareta mullada amb àcid sulfúric).



3) Quan es deixen caure unes gotes de glicerol (propantriol) damunt de permanganat de potassi prèviament polvoritzat en un morter, s'encén espontàniament al cap d'uns segons (el temps depèn de la temperatura ambient).



4) Un tros de cinta de magnesi quan crema fa molta llum (a més també es produeixen raigs IR i UV). La cinta s'encén fàcilment en una flama oxidant com la d'un fogó però és difícil encendre-la amb un llumí o un encenedor).  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

5) Si es posa una mica de magnesi en pols damunt d'un full de paper i es bufa cap la flama d'un fogó, el magnesi s'encén instantàniament produint un flash enlluernador.  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

6) Es barregen damunt d'un paper 3,5 g de clorat de potassi prèviament polvoritzat amb 2 g de magnesi en pols. Quan s'encén la barreja mitjançant una metxa, es produeix una llum blanca molt intensa que enlluerna. Si s'utilitza alumini en pols en comptes de magnesi (4,8 g de clorat de potassi i 2 g d'alumini), la reacció és més ràpida però la llum menys intensa.  $3\text{Mg} + \text{KClO}_3 \rightarrow 3\text{MgO} + \text{KCl}$ ;  $2\text{Al} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{KCl}$

7) **Reacció dels metalls alcalins amb l'aigua.** Un tros de sodi de la mida d'un pèsol fa guspies quan es tira sobre aigua i a vegades pot originar una explosió capaç de trencar el recipient i sortint trossos de sodi disparats. El potassi és menys perillós doncs quan es posa en contacte amb l'aigua produeix una flama instantàniament, en canvi el liti reacciona suaument. Aquesta reacció no l'han de fer els alumnes sinó el professor. Els alumnes convé que estiguin lluny i que duguin ulleres de seguretat.  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ ;  $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$ ;  $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{LiOH} + \text{H}_2$

8) **Ferro pirofòric.** Es pot obtenir un ferro en pols molt fina i sense òxid, de la manera següent: s'omple fins una quarta part o fins la meitat, un tub d'assaig de vidre normal amb oxalat de ferro(II). S'escalfa la punta del tub d'assaig a la flama i s'estira deixant un tub prim. S'escalfa l'oxalat (inicialment d'un color groc-marró) fins que la major part tingui un color negre, es tanca el tub a la flama (s'ha de tancar mentre encara surtin gasos del tub) i es deixa refredar. Un cop fred, si es trenca la punta del tub i es deixa caure el ferro en pols de dintre des de certa altura sobre un paper, s'observen espurnes a l'aire i brases damunt del paper (el qual pot arribar a encendre) degut a la ràpida reacció del ferro amb l'oxigen de l'aire. Molts metalls presenten aquest comportament encara que normalment no s'observi: les partícules metàl·liques sempre estan recobertes d'una capa d'òxid, si aquest és molt compacte impedeix la reacció amb l'oxigen, si és porós la reacció amb l'oxigen continua però és tant lenta que no s'observen espurnes ni escalfament.

$\text{Fe}(\text{COO})_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{Fe}$ ;  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$  (alguns grans de ferro només s'oxiden superficialment)(cal recordar que el tetraòxid de triferro és ferromagnètic i per tant és atret per un imant de la mateixa manera que el ferro).



9) **Silà.** En primer lloc cal obtenir el siliciür de magnesi: es prepara una petita quantitat d'una barreja de sorra fina o quars en pols amb magnesi en pols en la proporció de 5:8 (aquesta reacció es pot utilitzar per obtenir silici, llavors la proporció és 5:4 ;  $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \rightarrow \text{Si} + 2\text{MgO}$ ). Si s'ha utilitzat sorra fina, es posa tota la barreja en un tub d'assaig i s'escalfa fins que reaccioni. Si s'ha utilitzat quars en pols, es posa una petita quantitat de barreja en un tub d'assaig i s'escalfa fins que cremi com la pólvora, després s'afegeix una mica més de la barreja i així successivament fins que s'hagi acabat. El producte de la reacció un cop fred (caldrà trencar el tub d'assaig), s'introdueix en un vas de precipitats amb àcid clorhídric diluït. Es veuran unes petites flames de tant en tant, degudes a la reacció entre el silà (tetrahidru de silici) que es forma i l'oxigen de l'aire.  $\text{SiO}_2 + 4\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{MgO}$  ;  $\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{MgCl}_2 + \text{SiH}_4$  ;  $\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

10) **Gel que crema o alcohol sòlid.** Es barregen 27 ml d'etanol del 96% amb 3 ml de dissolució saturada d'acetat de calci en aigua. Un cop s'hagi solidificat, té un aspecte semblant al gel i crema si s'encén. També es pot fer un alcohol "sòlid" útil com a combustible però sense l'aspecte de gel, dissolent al bany maria 30 g de sabó pur en 100 cm<sup>3</sup> d'etanol.

11) **Pólvora negra.** 75% en pes de nitrat de potassi, 15% de carbó vegetal i 10% de sofre. Els ingredients es polvoritzen en un morter per separat i després es barregen damunt d'un paper. Si es vol fer petards la pólvora següent és molt més potent.

12) **Petards.** S'utilitza una pólvora de clorat de potassi, carbó i sofre en la proporció 2:2:1 en volum. Els ingredients es polvoritzen en un morter per separat, es mesuren (s'han de fer quantitats petites, com a màxim una cullerada plana de les de café de clorat de potassi, una de carbó i mitja de sofre) i es barregen amb suauament damunt d'un paper (mai en un morter! les pólvores amb clorat de potassi són molt sensibles a la fricció i als cops). La proporció en pes és 9:3:2. La pólvora s'embolica amb un paper com si es fes una cigarreta cònica deixant un tros final amb poca pólvora (és per on s'ha d'encendre) i es pot subjectar amb cinta adhesiva. El petard es pot encendre enganxant un llumí a l'extrem d'un pal d'un metre de llarg com a mínim i acostant el llumí encès a l'extrem amb poca pólvora (no s'ha d'encendre mai un petard subjectant-lo amb la mà i tampoc no s'ha d'encendre directament, a no ser que se li hagi posat una metxa lenta). Aquesta pólvora també s'encén tocant-la amb una vareta impregnada d'àcid sulfúric. Si els petards s'han d'utilitzar en un lloc tancat, convé que la pólvora no contingui sofre, es pot emprar una barreja a parts iguals en volum de benzoat de sodi i clorat de potassi o una barreja de clorat de potassi, sucre i hexacianoferrat(II) de potassi en la proporció de 2:1:1 en volum.

13) **Coets.** La pólvora per coets no ha d'explotar com en el cas dels petards i aconseguir-ho no és trivial: pólvores que cremen lentament a l'aire, exploten quan estan tancades. Es pot utilitzar la fórmula següent: nitrat de potassi, carbó vegetal, farina i sofre en la proporció en pes 4:2:1:1.



14) **Metxa de fil.** Es dissolen 2 g de poliestirè (aproximadament 1/4 d'un vas de plàstic transparent) en 20 cm<sup>3</sup> de toluè o benzè, s'hi afegeixen 18 g de clorat de potassi i 3 g de sofre prèviament polvoritzats, es remena, s'hi introdueix un fil de cotó (del de fer ganxet) i quan està ben impregnat, es treu i es deixa assecar.

15) **Metxa de paper.** Es dissol en calent nitrat de potassi i benzoat de sodi en aigua en la proporció 3:1:5 o si es vol que la metxa sigui una mica més lenta 3:1:10. S'hi mulla un paper de filtre i es deixa assecar. Quan es vol utilitzar, es talla un tros de paper i s'enrotlla o es doblega de manera que hi hagin 3 o 4 capes.

16) **Dibuixos formats amb foc.** Si amb un pinzell es pinta un dibuix senzill en un paper de filtre amb una dissolució calenta de nitrat de potassi i benzoat de sodi en aigua en la proporció 3:1:5, es deixa assecar i després s'encén en un punt on s'hagi aplicat la dissolució, el foc anirà fent el dibuix.

17) Una barreja aproximadament a parts iguals en volum de clorat de potassi i sofre, explota amb molt soroll quan se li dona un cop o quan es frega en un morter.

18) Una punta d'espàtula de clorat de potassi, posada damunt d'una punta d'espàtula de fòsfor roig (no s'han de barrejar!), explota fent molt soroll quan se li dona un cop.

19) **Explosiu de iode.** Aquest explosiu es forma afegint uns quants cristalls de iode en un tub d'assaig ple fins a la meitat d'amoniac concentrat. Després d'uns 5 minuts es filtra. L'únic canvi aparent és que els cristalls són més foscos. Mentre encara esta humit, es pot manipular sense perill i escampar-lo per terra en petites porcions (han de ser molt petites). Si algú el trepitja quan ja estigui sec, explota fent molt soroll (aquest explosiu és tant sensible que quan està sec es pot fer explotar simplement tocant-lo amb una ploma d'au, de manera que es pot utilitzar per introduir el concepte d'energia d'activació). Antigament es creia que era l'azida de iode però en realitat és  $\text{NI}_2\text{NH}_3$ .

20) **Un trimer de la peroxiacetona.** Es posen 5 cm<sup>3</sup> d'acetona, 5 cm<sup>3</sup> de peròxid d'hidrogen del 30% i 4 gotes d'àcid clorhídric concentrat en un tub d'assaig. Després de mitja hora comencen a precipitar uns cristalls blancs però si no es té pressa, és millor deixar-ho fins a l'endemà. Es filtren ells cristalls, es renten amb una mica d'aigua i es deixen assecar. Aquesta substància crema amb una gran velocitat (més que el nitrat de celulosa) i es pot encendre damunt la mà (només s'hi ha de posar una punta d'espàtula). Si se li dona un cop fort de martell (igualmente només s'ha d'utilitzar una punta d'espàtula) explota fent molt soroll.

21) **Reacció explosiva entre l'hidrogen i el clor activada per la llum.** S'obtenen hidrogen i clor per qualsevol dels mètodes habituals (no cal que estiguin secs) o bé per electrolisi d'àcid clorhídric aproximadament 8M. Amb una xeringa de plàstic de 5 cm<sup>3</sup> s'agafen 2,5 cm<sup>3</sup> d'hidrogen i 2,5 cm<sup>3</sup> de clor. S'acosta un flash de fotografia fins quasi tocar





la xeringa i es dispara, instantàniament es produeix una forta explosió de la barreja fent sortir disparades en sentits contraris les dues peces de la xeringa.  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

22) **Reacció del clor amb l'antimoni i el coure.** S'omple un matràs de 250 cm<sup>3</sup> o 500 cm<sup>3</sup> de clor per qualsevol dels mètodes habituals (no cal que estigui sec) o simplement posant lleixiu i àcid clorhídric dins del matràs. Si es deixen caure llimadures d'antimoni (es poden fer al moment llimant un tros d'antimoni) es veuen unes espurnes i un intens fum blanc. Si s'escalfa fins al roig un fil gruixut de coure i s'introdueix al matràs es veurà com es manté incandescent i dona un fum espès groc-marró.  $2Sb + 5Cl_2 \rightarrow 2SbCl_5$  ;  
 $Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$

23) **Reacció entre el iode i l'alumini, iniciada amb aigua.** Es barregen en un morter una mica de iode i d'alumini en pols i la barreja es trasllada a una càpsula de porcellana (o es deixa al morter si era de porcellana), de moment no hi ha reacció però si s'hi afegeixen una o dues gotes d'aigua, es comença a formar un núvol de vapors lila de iode acompanyats d'altres de color groc-marró, després la barreja s'encén i es manté incandescent durant bastants segons.  $3I_2 + 2Al \rightarrow 2AlI_3$

24) **Reacció entre l'alumini i el peròxid de sodi, iniciada amb aigua.** Damunt d'un paper es barregen 1 g de peròxid de sodi i 0,5 g d'alumini en pols. Quan s'afegeixen una o dues gotes d'aigua a aquesta barreja produeix una llum intensa. Una part de l'alumini reacciona amb el peròxid d'hidrogen produït pel peròxid de sodi, la resta reacciona amb l'oxigen de l'aire:  $2Al + 3Na_2O_2 + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6NaOH$  ;  $2Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$

25) **Reacció explosiva entre el peròxid de sodi i el magnesi, iniciada amb aigua.** Quan es deixen caure una o dues gotes sobre una barreja d'1 g de peròxid de sodi i 0,32 g de magnesi en pols, la barreja explota quasi immediatament, sense perill si es porten ulleres de seguretat. Part del magnesi s'oxida amb l'oxigen de l'aire:  $Mg + Na_2O_2 + H_2O \rightarrow MgO + 2NaOH$  ;  $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$

26) **Reacció d'una barreja de zinc, nitrat d'amoni i clorur d'amoni iniciada amb aigua.** Quan s'afegeix unes gotes d'aigua a una barreja de 4 g de zinc, 4 g de nitrat d'amoni i 0,5 g de clorur d'amoni, crema fent un fum blanc. Els ions clorur catalitzen la descomposició del nitrat d'amoni però la reacció principal és:  $Zn + NH_4NO_3 \rightarrow ZnO + N_2 + 2H_2O$

27) **Reacció entre el sofre i el peròxid de sodi, iniciada amb aigua.** Afegint algunes d'aigua a una barreja de 0,1 g de sofre i 1 g de peròxid de sodi, s'encén.  $S + 2Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 4NaOH$

28) **Reacció entre el brom i l'alumini.** Es fiquen entre 0,5 i 1 g de brom en un tub d'assaig, se li tira un petit tros d'alumini i al cap d'uns segons s'encén fent una llum blanca.  $3Br_2 + 2Al \rightarrow 2AlBr_3$



29) **Reacció entre el zenc i el sofre.** Quan es toca una barreja de 6 g de zenc i 1 g de sofre amb un clau o filferro al roig, reacciona fent llum, soroll i fum.  $Zn + S \rightarrow ZnS$

30) **Reacció entre el brom i el fòsfor roig.** Es fiquen 0,5 o 1 g de brom en un vas de precipitats petit i s'hi afegeix una mica de fòsfor roig. Aquest s'encén fent un fum blanc de tribromur de fòsfor.  $3Br_2 + 2P \rightarrow 2PBr_3$

31) **La termita.** Molts metalls es poden obtenir encenent una barreja en la proporció estequiomètrica del seu òxid (cal emprar òxids purs) amb alumini en pols com a reductor. La temperatura de la reacció normalment és tant alta que el metall fon. Per iniciar la reacció s'introdueix un tros de cinta de magnesi en la barreja i s'encén o bé es cobreix amb una barreja de clorat de potassi i alumini o clorat de potassi i sucre, els quals s'encenen amb una metxa o posant al damunt permanganat de potassi en pols i afegint unes gotes de glicerol (aquesta barreja tarda uns quants segons en encendres donant temps a allunyar-se)...Es barregen òxid de ferro(III) i alumini en pols en la proporció 3:1 (per exemple 36 g d'òxid de ferro(III) i 12 g d'alumini) en un petit gresol refractari. El gresol es pot fer pastant amb aigua una barreja d'argila en pols i òxid d'alumini en la proporció 2:1 en volum, també es pot utilitzar algun dels preparats que ja venen fets a les cases que subministren materials per a ceramistes. No cal coure el gresol, és suficient que estigui sec i normalment només es podrà fer servir un cop. El gresol s'introdueix en un test d'argila i es colga amb sorra o millor "terra dels gats" (sepiolita) de manera que només sobresurti la boca. S'hi fica la barreja i s'inicia la reacció (a la vitrina o a l'aire lliure) amb qualsevol dels mètodes descrits, es produeix una flama groga, molt fum i espurnes i finalment s'obté una massa que es manté roent durant 2 o 3 minuts. Un cop freda, es trenca el gresol i s'hi trobarà un glòbul de ferro al fons i petits glòbuls de ferro en la resta de la massa, que es podran separar amb un imant. També es pot utilitzar el tetraòxid de triferro, però com que és ferromagnètic no es pot distingir del ferro utilitzant un imant. Un altre mètode és fer un forat de 10 mm al fons del gresol, posar-lo damunt d'un gresol més petit i colgar el conjunt d'ins d'un test amb sorra o sepiolita. Un cop feta la reacció pràcticament tot el ferro haurà caigut al gresol petit formant una bola. Aquest mètode també va bé per a obtenir níquel però no per a separar altres metalls. El crom per exemple forma glòbuls molt petits en tota la massa que es trenquen fàcilment amb un martell deixant veure un interior platejat molt lluent. Alguns òxids poden reaccionar explosivament!.  $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3$

32) **Oxidació catalítica de l'amoníac.** Es fica amoníac concentrat fins una altura d' 1 cm en un Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup>. S'escalfa per a que es vagi desprenent l'amoníac, se l'hi introdueix un fil de coure gruixut escalfat al roig i es veu com es manté al roig (es veu millor a les fosques).  $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

33) **Deshidratació de la sacarosa per l'àcid sulfúric.** S'omple mig vas de precipitats amb sucre i se li afegeix el mateix volum d'àcid sulfúric. S'obté un residu negre de carbó que va creixent fins un volum 4 vegades el del sucre inicial. Una part del sucre s'oxida a diòxid de carboni però la reacció principal és la deshidratació:  $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O$



**34) Indicador de l'humitat de l'aire.** S'impregna un paper de filtre en una dissolució de 2 g de clorur de cobalt(II), 1 g de clorur de sodi i 100 cm<sup>3</sup> d'aigua i es deixa assecar. En els dies humits el paper tindrà color rosat i en els secs color blau.

**35) Tintes invisibles.** Molts sucus vegetals i la llet es poden utilitzar per a escriure en el paper. Un cop secs pràcticament no es pot veure el que hi havia escrit, però si el paper s'escalfa fort amb una planxa el text es fa visible. Una altra més bonica consisteix en una dissolució diluïda (a l'1% en aigua) de clorur de cobalt(II). Com que té un color rosa fluix, és millor escriure damunt d'un paper rosa per tal de que sigui realment invisible. Quan s'escalfa agafa color blau de manera que es pot llegir perfectament.

**36) Jardí químic submarí.** En un pot de vidre si posa dissolució de silicat de sodi concentrada o diluïda en la proporció 1:3 en volum. Després s'hi tiren cristalls o terrossos (millor si són grossos) de diferents sals solubles: sulfat de coure(II), sulfat de ferro(II), clorur de ferro(III), sulfat d'alumini i potassi... es formen silicats de diferents colors que creixen ramificant-se cap amunt amb l'aspecte d'un fons submarí.

**37) Niló 6-6.** En un vas de precipitats de 100 ml, s'introdueix una dissolució d'1 ml de clorur d'hexandioïl (clorur d'adipoïl) (Merck: Acido adípico dicloruro ref.: 800089.0050) en 50 ml de tetraclorur de carboni. Pel damunt i fent-la relliscar per les parets del vas i abocant-la mitjançant una vareta (per tal de que les dues dissolucions no es barregin), se li afegeix una dissolució d' 1,1 g d'1,6-hexandiamina (hexametilendiamina) i 0,75 g d'hidròxid de sodi en 25 ml d'aigua. S'introdueix un filferro amb forma de ganxo i s'estira, el filferro arrossega un fil de niló que sembla que no s'hagi d'acabar mai. El fil es pot rentar amb aigua, després amb acetona i deixar-lo assecar.

**38) Nitrat de cel.lulosa (cotó pólvora).** Es barregen en un vas de precipitats 10 ml d'àcid nítric i 20 ml d'àcid sulfúric, s'hi afegeix 1 g de cotó fluix i es remena amb una vareta durant 5 minuts. Després es vessa tot damunt d'un Buchner, s'extreueix amb el cul d'una ampolla de vidre i es renta amb aigua corrent durant 10 o 20 minuts. El cotó pólvora es deixa assecar a l'aire i es conserva en un pot amb un dessecant, per exemple clorur de calci. Si està ben fet té el mateix aspecte que el cotó fluix i es pot encendre damunt la mà sense perill (crema instantàniament). És útil per a demostrar que quan una substància a sofert una reacció química ja no és el que era encara que aparentment res no hagi canviat.

**39) Fums de colors.** Es barregen clorat de potassi, sucre, sofre i colorant en la proporció 6:9:1:1,5. Es pot obtenir un color rosat-lila amb roig brillant, grog naftol, verd malaquita i roig neutre. Un lila-morat intens: rodamina B. Blau: blau de metilè. Grog fluix: alizarina. Verd: una barreja de blau de metilè i alizarina. No s'han de respirar aquests fums!

**40) Una bomba de fum.** Es barregen 5 g de clorat de potassi, 8 g de zenc en pols i 9,5 g de tetraclorur de carboni, fent una pasta que s'embolica amb paper fent una cigarreta i s'encén. No s'ha de respirar el fum resultant!  $KClO_3 + 3CCl_4 + 6Zn \rightarrow$



$2\text{KCl} + 3\text{CO}_2 + 6\text{ZnCl}_2$  (el clorur de zinc anhidre que es forma es dissolt amb el vapor d'aigua de l'aire produint una boira). També es pot produir fum, encenent una barreja de 4 parts de pólvora de qualsevol tipus amb una part de clorur d'amoni en volum.

**41) Quimiluminiscència del luminol.** Dissolució A: es dissolen 0,1 de luminol (Merck: 5-Amino-1,2,3,4-tetrahidro-1,4-ftalacindiona ref.: 820071.0010 o bé Fluka: ref.: 09253, 3-aminophthalhydrazide (5 g)) en 10 ml d'hidròxid de sodi del 10% i es dilueix a un litre. Dissolució B: es dissolen 0,5 g d'hexacianoferrat(III) de potassi (ferricianur de potassi) en un litre d'aigua i s'afegeixen 15 ml de peròxid d'hidrogen al 3%.

**42) Quimiluminiscència temporitzada del luminol amb dos colors de llum.** Es prepara una dissolució en aquest ordre: 40 cm<sup>3</sup> d'aigua destil.lada, 0,8 g d'hidròxid de sodi, 0,005 g de luminol, 25 g de carbonat de potassi, 1 g de pirogal.lol (àcid pirogàl.líc) i 10 cm<sup>3</sup> de formaldehid (metanal). Aquesta dissolució es fica en un vas de precipitats gran i aquest dintre d'un recipient més gran (per a recollir el líquid que sortirà degut a l'efervescència que es produirà). En el moment de fer la demostració s'afegeixen a les fosques, 30 cm<sup>3</sup> de peròxid d'hidrogen del 30%. Durant uns segons es veurà una llum vermella deguda a l'oxigen singlet format en l'oxidació del pirogal.lol i del formaldehid i a continuació es veurà una llum blava durant uns segons deguda a l'oxidació del luminol.

**43) Quimiluminiscència de la lucigenina.** La lucigenina té un rendiment quàntic molt superior al luminol: una dissolució de lucigenina en medi bàsic ja fa una mica de llum a les fosques per reacció amb l'oxigen de l'aire però per a una demostració més interessant cal preparar les dissolucions següents: dissolució A: es dissolen 8 g d'hidròxid de sodi en 650 cm<sup>3</sup> d'aigua destil.lada, s'afegeixen 300 cm<sup>3</sup> d'etanol i 50 cm<sup>3</sup> de peròxid d'hidrogen del 30% (aquesta dissolució no es conserva i cal preparar-la al mateix dia de la demostració); dissolució B: es dissolen 0,2 g de lucigenina en 1 litre d'aigua destil.lada (Fluka: ref.: 39685, N,N'-dimethyl-9,9'-biacridinium dinitrate (1 g) o bé Aldrich: B4,920-3); dissolució C (optativa): 0,5 g de rodamina B en 1 litre d'etanol; dissolució D (optativa): 1 g de fluoresceïna en 1 litre d'etanol. Quan es barregen a les fosques les dissolucions A i B es produeix una llum blanca, s'hi s'afegeix dissolució C la llum canvia a vermella i afegint dissolució D és més intensa i té un color groc-verd.

**44) Quimiluminiscència del siloxè.** El siloxè  $\text{Si}_6\text{H}_6\text{O}_3$  té una estructura cíclica incerta i s'obté fàcilment a partir del siliciür de calci (Fluka: Calcium silicide, ref.: 21240).  $6\text{H}^+ + 3\text{CaSi}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Si}_6\text{H}_6\text{O}_3 + 3\text{H}_2 + 3\text{Ca}^{2+}$ . En un matràs s'hi posen 5 g de siliciür de calci i 50 cm<sup>3</sup> d'àcid clorhídric concentrat i s'agita. Com a productes laterals es van produint silans que van explotant sense perill. Acabada la reacció s'afegeixen 25 cm<sup>3</sup> més d'àcid clorhídric i es bull agitant durant 5 minuts. S'afegeixen 150 cm<sup>3</sup> d'aigua i es bull 5 minuts més. El siloxè que té un color grogenc, és insoluble i es separa filtrant. Quan el siloxè és oxidat amb un oxidant enèrgic, per exemple una dissolució de permanganat, produeix una llum groga.







**45) Quimiluminiscència del fòsfor blanc.** S'introdueix una mica de fòsfor blanc (molt tòxic!) en un matràs amb aigua i es tapa amb un tap i un tub no massa estret. S'escalfa fins que bulli i a les fosques es veurà que el vapor que surt és lluminós (un color blanc-blavós) degut a que arrossega petites quantitats de fòsfor el qual s'oxida en contacte amb l'aire, donant llum. Dins del matràs també s'hi veuen lluminositats.

**46) Reacció temporitzada entre el iodat de potassi i l'hidrogen sulfit de sodi.** Es preparen les dissolucions: **dissolució A:** 2 g de  $KIO_3$  en 1 litre d'aigua destil·lada; **dissolució B:** es dissolen bullint 2 g de midó soluble en 500  $cm^3$  d'aigua destil·lada, s'afegeixen 0,4 g de  $NaHSO_3$ , 5  $cm^3$  d' $H_2SO_4$  1M i finalment s'afegeix aigua fins un volum total d'1 litre. Es barregen 5  $cm^3$  de dissolució A amb dissolució B (entre 1  $cm^3$  i 5  $cm^3$ ), al cap d'uns segons (depèn de la proporció) la barreja agafarà color blau.

**47) Reacció temporitzada de Nassau.** Es preparen 3 dissolucions: **dissolució A:** 15 g de iodat de potassi ( $KIO_3$ ) en 1 litre d'aigua; **dissolució B:** es dissolen bullint 4 g de midó soluble en 500  $cm^3$  d'aigua, s'afegeixen 15 g d'hidrogen sulfit de sodi ( $NaHSO_3$ ) i es completa amb aigua fins 1 litre; **dissolució C:** es dissolen 3 g de clorur de mercuri(II) ( $HgCl_2$ ) en 1 litre d'aigua. Es barregen 1 volum de dissolució A, 2 volums de dissolució C i 1 volum de dissolució B, en aquest ordre, primer apareix un color taronja i després un color blau.

**48) Reacció oscil·lant de Briggs-Rauscher.** (Els ions clorur inhibeixen aquesta reacció de manera que cal emprar aigua destil·lada). Es preparen 5 dissolucions: A) 5,74 g de iodat de potassi en 100 ml d'aigua; B) 0,45 g de sulfat de manganès(II) monohidrat, 0,56 ml d'àcid sulfúric concentrat i 100 ml d'aigua; C) 2,08 g d'àcid malònic (Merck: Acido malònic ref.: 800387.0100) en 100 ml d'aigua; D) 50 ml de peròxid d'hidrogen del 30% i 50 ml d'aigua; E) 1 g de midó en 100 ml d'aigua. Per a fer la reacció s'agafen per ordre 10 ml de cada dissolució excepte de l'última que s'en agafen 10 gotes. Després d'uns segons comencen les oscil·lacions de color entre l'incolòr i un blau fosc que no deixa passar la llum.

**49) Reacció oscil·lant de Belousov-Zhabotinsky.** Es preparen 4 dissolucions: A) es dissolen 0,22 g de sulfat de ceri(IV) tetrahidrat (o 0,3 g de nitrat d'amoni i ceri(IV)) en 75 ml d'aigua, a continuació lentament i agitant, s'afegeixen 25 ml d'àcid sulfúric concentrat i finalment s'afegeix peròxid d'hidrogen del 3%, gota a gota fins que desaparegui el color groc del ceri(IV). B) Es dissolen 3,12 g de bromat de potassi en 100 ml d'aigua. C) Dissolució de ferroïna aproximadament 0,01M que es pot preparar així: 0,55 g de sulfat de ferro(II) heptahidrat es dissolen en 200 ml d'aigua i després s'hi afegeixen 1,18 g de 1,10-fenantrolina, s'agita i es filtra. D) Es dissolen 8,58 g d'àcid malònic (Merck: Acido malònic ref.: 800387.0100) en 100 ml d'aigua. Per a fer la reacció oscil·lant s'agafen per ordre 10 ml de cada dissolució excepte de la C que s'en agafen 10 gotes. Es manté la barreja agitada en un agitador magnètic i es veurà una oscil·lació periòdica de color entre el vermell i el blau.

**50) Polimerització per acció de la llum.** En primer lloc cal preparar una dissolució saturada d'acrilat de calci: en un vas de precipitats s'hi fiquen 80 g (uns 80 ml) d'àcid acrílic



(Merck: Acido acrílico ref.: 800181.0500 (500 ml) o 800181.1000 (1000 ml)), 300 ml d'aigua i 41 g d'hidròxid de calci, es remena, es deixa reposar una estona i es filtra. La barreja sensible a la llum (és sensible a la zona roja de l'espectre) es fa agafant un volum de dissolució saturada d'acrilat de calci, menys de la meitat d'aquest volum de trietanolamina i unes gotes de dissolució de blau de metilè a l'1% en aigua. Es pot preparar amb llum de fluorescent sempre i quan no s'hi tingui molta estona. Quan s'il·lumina amb una bombeta posada a prop o un projector de diapositives, es forma un plàstic sòlid blanc a les zones il·luminades mentre que les que no reben llum continuen líquides.

**51) Acció de la llum sobre el clorur de plata.** Es mulla un paper de filtre en dissolució diluïda de nitrat de plata i a continuació se submergeix en dissolució concentrada de clorur de sodi, es treu d'aquesta dissolució, se li posa un objecte opac al damunt i s'il·lumina amb llum intensa, després d'uns segons o minuts es veurà al treure l'objecte que les parts il·luminades del paper de filtre s'han tornat negres mentre que les que no han rebut llum continuen de color blanc amb el resultat de que haurà quedat dibuixada la silueta de l'objecte.

**52) Altres maneres d'obtenir imatges.** A) un paper mullat i després deixat assecat a les fosques amb una barreja de dues dissolucions contenint respectivament 10 g d'hexacianoferrat(III) de potassi (ferricianur de potassi) en 50 ml d'aigua i 10 g de citrat d'amoni i ferro(III) (Merck: Amonio y hierro(III) citrato ref.: 3762.1000). Després d'exposar-lo a la llum del sol o amb llum ultraviolada, es forma una imatge de color blau, llavors s'ha de rentar bé el paper amb aigua per tal d'eliminar els reactius que no han reaccionat. B) Una dissolució de gelatina i dicromat de potassi, es pot aplicar damunt de diverses superfícies. Si s'exposa a la llum del sol a la llum ultraviolada, les zones il·luminades es tornen dures i insolubles en aigua. C) A les botigues de components electrònics venen uns esprais per a fer circuits impressos, els quals aplicats a qualsevol superfície la sensibilitzen a la llum ultraviolada. El procediment és: amb poca llum (o llum vermella) es polvoritza uniformement sobre una planxa de coure, s'exposa a la llum ultraviolada, es revela amb dissolució diluïda d'hidròxid de sodi (s'emporta les zones que no han quedat il·luminades), s'ataca la planxa amb dissolució concentrada de clorur de ferro(III) o amb una barreja d'àcid clorhídric i aigua oxigenada i finalment es treu el polímer amb acetona. Així es poden fer imatges (inclús fotografies) sobre metalls i sobre el vidre (en aquest cas se l'ha d'atacar amb una dissolució diluïda d'àcid fluorhídric).

**53) Imatge que desapareix.** Es prepara una dissolució escalfant i en un lloc on la llum no sigui intensa, amb 0,78 g de sulfat d'amoni i ferro(II) hexahidrat, 0,6 cm<sup>3</sup> d'àcid fosfòric del 60% (0,4 cm<sup>3</sup> del 85%), 10 g de gelatina (la gelatina és opcional, la seva finalitat és que la dissolució solidifiqui, però també es pot treballar amb la dissolució directament) i 3,42 mg en 100 cm<sup>3</sup> d'aigua. Un cop s'hagin dissolt tots els ingredients quedarà una dissolució d'un bonic color blau mentre que si la llum fos intensa, quedaria incolora. Es fica la dissolució en una càpsula de Petri gran i es deixa solidificar. Si es projecta una imatge senzilla a la càpsula de Petri amb un projector de diapositives, al cap de pocs segons s'haurà format una imatge: les zones il·luminades seran incolores i les fosques de color blau. Deixant la càpsula amb



poca llum, l'imatge s'esborrarà tornant a recuperar el color blau i quedant a punt per si se li vol fer una altra imatge. Reacció a la llum: tionina (blava) + llum  $\rightarrow$  tionina excitada, tionina excitada +  $Fe^{2+} \rightarrow$  leucotionina (incolora) +  $Fe^{3+}$ . Reacció a la foscor: leucotionina (incolora) +  $Fe^{3+} \rightarrow$  tionina (blava) +  $Fe^{2+}$

54) **Dissolució sobresaturada.** Es fiquen 5 g de tiosulfat de sodi pentahidrat i 5 gotes d'aigua en un tub d'assaig. S'escalfa suaument fins obtenir una dissolució perfectament transparent. Es refreda a l'aigua de l'aixeta i quan ja està ben fred s'hi deixa cauren un cristallet de tiosulfat de sodi pentahidrat, instantàniament comença a cristal·litzar tota la dissolució de d'alt a baix al mateix temps que es pot notar com s'escalfa.

55) Si s'introdueix un tros de cinta de magnesi en una dissolució d'ions ferro(II) per exemple sulfat de ferro(II) (millor en calent) al cap d'uns segons si es treu (amb unes pinces o abocant-ho tot en un paper de filtre) i s'eixuga, es veurà com és atreta per un imant (al començament no era atreta). També es poden utilitzar dissolucions d'ions níquel(II) o cobalt(II). La raó d'això és que s'ha dipositat ferro damunt de la cinta de magnesi.  
 $Mg + Fe^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$

56) **Llapis que escriu amb dos colors.** Es prepara una dissolució concentrada de sulfat de sodi en aigua, se li afegeix unes gotes de dissolució de fenolftaleïna, unes gotes de dissolució de midó a l'1% i uns cristallets de iodur de potassi. Es mulla un paper de filtre en aquesta dissolució, es posa damunt d'un tros de paper d'alumini, es connecta una pila de 4,5 V entre el paper d'alumini i la mina d'un llapis. Quan el llapis està connectat al pol positiu, escriu amb color marró sobre el paper; si està connectat al pol negatiu, escriu de color rosa. També es pot utilitzar una dissolució concentrada de sulfat de sodi amb bastant indicador universal. Llavors el llapis escriu de color vermell quan és connectat al pol positiu i vermell quan és connectat al pol negatiu. Si s'utilitza corrent altern (6 o 12 V obtinguts amb un transformador) les línies que dibuixa el llapis no són contínues si no formades per petits segments. Si el llapis és connectat al pol positiu:  $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$ , el iode d'ona un color marró fosc en concentracions elevades i color blau amb el midó a concentracions més baixes. Si el llapis és connectat al pol negatiu:  $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ , la fenolftaleïna canvia a color rosa en presència dels ions hidròxid.

57) **Sortidor d'aigua accionat amb clorur d'hidrogen o amoníac.** S'omple un matràs rodó de 500 ml amb clorur d'hidrogen sec o amoníac sec (l'amoníac és més lleuger que l'aire per tant el matràs s'ha d'omplir posant-lo de cap per avall). Es tapa amb un tap travessat per un tub que s'introdueixi dins del matràs i acabat amb punta fina. Es posa el matràs de cap per avall i s'introdueix el tub en aigua. Després d'uns segons l'aigua haurà pujat pel tub i produirà un sortidor dins del matràs degut a que els dos gasos són molt solubles en aigua. Es pot afegir un indicador àcid-base a l'aigua de manera que aquesta canviarà de color quan entri al matràs. Pel clorur d'hidrogen es pot utilitzar taronja de metil (quan l'aigua entri al matràs canviarà de color groc a vermell) i per l'amoníac fenolftaleïna (quan l'aigua entri al matràs canviarà d'incolora a rosa). El clorur d'hidrogen sec es pot obtenir amb clorur de sodi i àcid





sulfúric concentrat:  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$ . L'amoníac sec es pot obtenir per reacció de l'òxid de calci i el clorur d'amoni:  $\text{CaO} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$

**58) Una electroforesi.** Si un tros de paper de filtre d'uns 5 cm de llargada per 3 cm d'amplada, es mulla amb aigua de l'aixeta, es connecten els extrems a una pila mitjançant pinces metàl·liques i en el centre si posen uns cristallets de dicromat o cromat de potassi i de permanganat de potassi, es veurà (al cap de 20 minuts amb una pila de 4,5 V i en pocs segons a 300 V) que els ions permanganat i cromat es mouen cap al pol positiu. Si s'utilitza el cromat de bis(etilendiamina)coure(II), es veu com els ions cromat de color groc, es mouen cap al pol positiu mentre que els ions bis(etilendiamina)coure(II) de color lila es mouen cap al negatiu.

**59) Moc sintètic ("blandi-blub").** Dissolució A) alcohol polivinílic (Fluka: Polyvinyl alcohol 100000, ref.: 81386) en aigua al 4% (com a mínim s'ha de deixar tot un dia per a que es dissolgui o si no s'ha d'utilitzar una batedora. Els alcohols polivinílics de massa molecular més petita per exemple 22000 són més solubles i per tant més fàcils de dissoldre); dissolució B) borat de sodi tetrahidrat (bórax:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) en aigua al 4%. Es barregen enèrgicament les dissolucions A i B en una proporció en volum que pot variar entre 5:1 i 10:1, el resultat es un "moc" que sembla sòlid quan s'agafa però que flueix com un líquid quan s'el deixa en repòs.

**60) Flama que reapareix.** Una fusta (o un paper) encesa s'apaga bufant i mentre encara tingui brasa si s'introdueix en un recipient amb oxigen, es tornarà a encendre. Si és un tros de carbó vegetal continuarà incandescent però sense flama. (El diòxid de nitrogen també fa el mateix efecte).

**61) Espelma màgica.** S'impregna un tros de paper de filtre de 8 X 4 cm amb parafina fosa. Es fa una barreja de zinc i òxid de ferro(III) en la proporció 1,23 : 1. Una petita quantitat d'aquesta barreja, s'embolica amb el paper parafinat com si es fes una cigarreta. Quan aquesta "espelma" s'encén i després d'uns segons, es bufa per apagar-la, continua fent fum i al cap d'uns segons es torna a encendre. Això es pot anar repetint mentre hi hagi espelma. Per apagar-la cal introduir l'extrem encès en aigua. La raó de que es torni a encendre és que a l'interior continua la reacció entre el zinc i l'òxid de ferro(III) que és lenta i exotèrmica:  $3\text{Zn} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{ZnO} + 2\text{Fe}$

**62) Recobriment amb colors d'interferència per electròlisi.** S'utilitza un bany de 100 cm<sup>3</sup> d'aigua, 2 g de molibdat d'amoni i 10 g de nitrat d'amoni amb una densitat de corrent d'uns 5 mA/cm<sup>2</sup>. Com a càtode (pol negatiu) es pot utilitzar coure, llautó o acer inoxidable... i com a ànode un elèctrode de carbó o millor de platí. Es diposita una capa d'un òxid de molibdè transparent damunt del càtode. Variant el temps d'electròlisi es pot variar el color obtingut doncs aquest depèn de gruix del recobriment.



**63) Metal·lització per electròlisi d'objectes no conductors.** Es pinta l'objecte amb un esprai de grafit o de níquel (es poden trobar a les botigues de components electrònics) per a fer-lo conductor i es connecta com a càtode (al pol negatiu d'una pila o generador) dins d'un bany electrolític que contingui els ions del metall que es vol dipositar, i l'anode sigui (si pot ser) del mateix metall que es vol dipositar o si no un elèctrode de carbó. Per a obtenir bons resultats cal regula la densitat de corrent elèctric amb una resistència per tal de que no sigui massa gran. Per exemple pel couratge cal un bany de 100 cm<sup>3</sup> d'aigua, 20 g de sulfat de coure(II) pentahidrat i 2,7 cm<sup>3</sup> d'àcid sulfúric amb una densitat de corrent entre 20 mA/cm<sup>2</sup> i 50 mA/cm<sup>2</sup>.

**64) Flames de colors.** En 5 càpsules de porcellana, s'hi posen respectivament una punta d'espàtula d'àcid bòric, clorur de liti, clorur de coure(II), clorur de coure(II) amb unes gotes d'àcid clorhídric diluït i clorur de sodi, després s'afegeixen a cadascuna entre 5 i 10 cm<sup>3</sup> de metanol i s'encén, es veuran flames amb els colors respectius: verd poma, vermell carmí, verd, blau i groc. Els colors són més intensos quan el metanol és apunt d'acabar-se (altres combustibles no van bé per què no tenen la flama incolora) i en aquests moments es pot veure l'espectre amb un espectròscopi.

**65) Una demostració ràpida de separació per diàlisi.** Es prepara dissolució de midó soluble a l'1% aproximadament (s'ha de fer escalfant i ha de quedar incolora i transparent), se li afegeix una mica de dicromat de sodi, amb la qual cosa la dissolució agafarà color groc. Un cop freda s'aboca a un tros de cel·lofana incolora (es pot comprar a les papereries) posada dins d'un embut i sense omplir-lo. Es lliga la cel·lofana per la part superior i es la bossa obtinguda se submergeix fins la meitat en un vas de precipitats amb aigua. Després d'un minut o dos l'aigua del vas tindrà clarament color groc degut al dicromat de sodi. S'en treu una part i se li afegeix dissolució de iode en iodur de potassi i aigua (lugol), no hi haurà canvi de color. S'obre la bossa i s'afegeix dissolució de iode al seu interior, agafarà un color quasi negre degut al midó. L'explicació d'això és que els cations dicromat (i les molècules d'aigua encara que no es vegi directament) són prou petits per passar pels porus de la cel·lofana (membrana semipermeable) mentre que les molècules de midó són massa grans per fer-ho.

Un raig làser mirat perpendicularment a l'aire no es veu i dins d'aigua destil·lada o una dissolució veritable, tampoc degut a que les partícules de l'aire o de l'aigua, són més petites que la longitud d'ona del làser. En canvi si s'espolsa un esborrador o es fa passar el raig per una dissolució de midó o per aigua amb una gota de llet, sí que es veu: ara hi ha partícules més grans que la longitud d'ona de la llum i la dispersen. Aquest és l'efecte Tyndall. Una altra possibilitat per a la diàlisi, és utilitzar una dissolució de dicromat de potassi en llet: l'aigua de fora de la bossa queda groga però transparent, demostrant que les partícules grosses de la llet no passen per la cel·lofana.