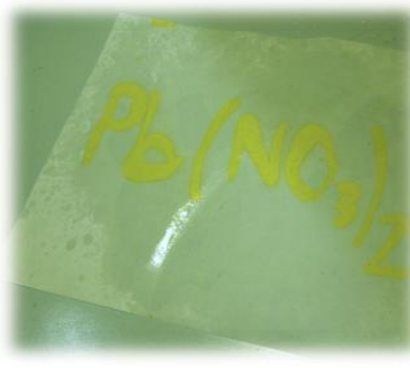
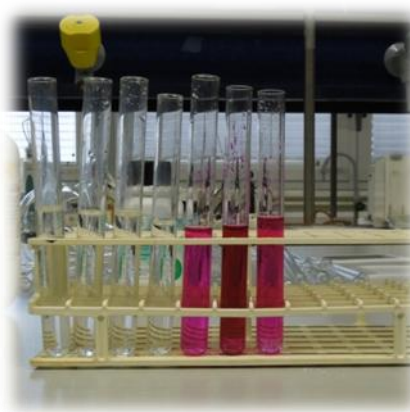


TINTA INVISIBLE

La màgia de la química



Curs 2012-2013

Maristes Girona

Desembre 2012

Departament de Química

TINTA INVISIBLE

La màgia de la química

Curs 2012-2013

Maristes Girona

Desembre 2012

Departament de Química

“The meeting of two personalities
is like the contact
of two chemical substances:
if there is any reaction,
both are transformed.”

Carl Gustav Jung

ÍNDIX

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓ | 6 |
| MARC TEÒRIC | |
| 1. Concepte de tinta | 8 |
| 2. La tinta | 9 |
| 3. Breu història de la tinta | 10 |
| 4. Fabricació de tinta | 12 |
| 5. La tinta invisible | 16 |
| 6. Breu història de la tinta invisible | 19 |
| 7. Fabricació de tinta invisible | 23 |
| 8. Les reaccions químiques | 26 |
| 8.1. Reacció àcid-base | 28 |
| 8.1.1. Recull històric àcid-base | 30 |
| 8.1.2. PH | 35 |
| 8.1.3 Indicadors de pH | 36 |
| 8.1.3.1. Fenolftaleïna | 38 |
| 8.1.3.2. M-nitrofenol | 39 |
| 8.2. Reacció de precipitació | 41 |
| 8.2.1. Producte de solubilitat | 42 |
| 8.3. Reacció de complexació | 43 |
| 8.3.1. Constant d'equilibri | 43 |
| 8.4. Fluorescència | 44 |
| 8.4.1. Fluoresceïna | 44 |
| 8.4.2. Quinina | 45 |
| MARC PRÀCTIC | |
| 1. Experiències | 46 |

| | |
|---|----|
| 2. Pràctica 1: reacció àcid-base amb fenolftaleïna | 46 |
| 3. Pràctica 2: reacció àcid-base amb m-nitrofenol | 55 |
| 4. Pràctica 3: reacció de precipitació | 64 |
| 5. Pràctica 4: reacció de complexació | 69 |
| 6. Pràctica 5: fluorescència amb fluoresceïna i quinina | 74 |
| 7. Pràctica 6: recuperació d'una recepta antiga | 77 |
| | |
| CONCLUSIONS | 82 |
| 1. Agraïments | 84 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 85 |
| | |
| ANNEXOS | |

Introducció

Aquest treball de recerca sorgeix a partir de les curiositats que presenta la màgia d'escriure d'una manera molt peculiar i diferent: l'escriptura amagada.

Des de ben petita, em fascinava el fet de que es pogués escriure sobre un paper mitjançant productes que treia de la nevera i, en escalfar-se, aparegués allò que s'havia escrit. Com ja he esmentat abans, per a mi, allò que en aquest treball he volgut entendre, era màgia. Així doncs, vaig decidir fer el treball sobre aquesta petita experiència, volia descobrir què passava i de quines altres formes podia fer el que s'anomena tinta invisible. He volgut relacionar aquest fet amb una altra cosa que, no definiria important, a hores d'ara, sinó curiós per a mi, la química, no tan sols perquè m'agrada, sinó per poder continuar ampliant els meus coneixements tan teòrics com pràctics.

Primer de tot em vaig formular un seguit de preguntes per poder triar i estructurar bé tot allò que volia que el meu treball contingués, com per exemple, preguntes més químiques, les quals serien: a partir de quin tipus de reaccions químiques puc fer aparèixer un missatge amagat? Què hi passa realment dins la reacció? Si en canvia alguna propietat, com la concentració i altres factors que hi influeixen, es durà a terme igualment? També en van sorgir d'altres enfocades diferentment, com per exemple, com ho feien antigament per comunicar-se amb missatges amagats? Es podria fer, ara, amb diferents components i obtenir el mateix resultat? L'interés i el desig per respondre aquestes preguntes em van impulsar a dur a terme aquest projecte.

Vaig pensar que si ajuntava aquests dos conceptes que m'agradaven i aquell afany per poder resoldre les preguntes formulades, podia ser un bon objectiu per poder dur a terme aquest treball.

Cal destacar que, des d'un principi, no les tenia totes, ja que desconeixia totalment aquest camp de la química, i no sabia ni com començar. A poc a poc, m'he anat posant en contacte amb varies persones que m'han ajudat a encaminar-me, però el projecte no ha estat acabat tal i com el volia des d'un

principi. M'explico: d'informació sobre les tintes en general, n'hi ha molt poca, m'he posat en contacte amb un professor amant de les tintes i de la seva història i em va confessar que la gent no s'interessa per com es feien les tintes antigament, sinó que el que importava realment era a on s'escrivia i el tipus d'alfabet que s'utilitzava, així que he hagut d'aferrar-me a les poques nocions que tenia i buscar un altre manera d'enfocar el treball. Llavors, en comptes d'elaborar un treball que englobés tota la tinta en general, m'he centrat en allò més misteriós, en la tinta invisible i en la manera d'elaborar-ne, així que l'he titulat " La química de la tinta invisible".

Un cop he tingut el tema ben enfocat, he hagut de cercar varies maneres de fabricar tinta invisible a partir de reaccions químiques, i crec que, de ben cert, ha estat la part més difícil. Buscar allò que necessites sense conèixer-ne res, és complicat, sort que he tingut ajuda per part de professors i estudiants del departament de química de la UdG que van contribuir en el meu treball afegint el seu granet de sorra quan ho necessitava. Així doncs, quan vaig tenir totes les reaccions sobre la taula (cal dir que tampoc eren les mateixes al principi que al final) les vaig anar elaborant una a una. Aquesta ha estat la part més divertida i interessant del treball, i, sobretot, la que m'ha ajudat més a relacionar conceptes nous amb els que ja havia après durant el batxillerat. És a dir, conceptes que s'havien treballat a classe, els quals jo no trobava gaire utilitat s'han anat emprant l'un rere l'altre dins d'aquest treball i m'han ajudat a entendre'ls una mica més.

Així doncs, malgrat alguns imprevistos i impediments, l'esforç dedicat al treball ha valgut molt la pena, ja que com he esmentat anteriorment, he pogut aprofundir i ampliar els meus coneixements en tant la química, he pogut respondre totes aquelles preguntes que m'havia formulat a l'hora de fer el treball i des de petita, i he pogut treballar dins d'un laboratori, cosa que espero que pugui ajudar-me en un futur.

Marc teòric

1. Concepte de tinta

No es pot plantejar el concepte de tinta si primerament no es coneix el seu significat etimològic. La paraula llatina “*tingere*” que significa tenyir, segons explica el *Diccionari etimològic i complementari de la Llengua Catalana*¹.

Tot i que la paraula tinta provingui del llatí, cal destacar que els grecs ja utilitzaven la tinta negra i l’anomenaven μελαν.

Així doncs, el concepte de tinta ve descrit, per la *Enciclopèdia Catalana*² com preparació més o menys fluida, de diferents colors, que consisteix en una suspensió de pigments minerals molt fins, o de laques derivades de l’anilina en olis vegetals, o en vernissos sintètics, hidrocarburs o, fins i tot, aigua, que és emprada per a escriure, o per dibuixar.

Com que aquest concepte de tinta és bastant general, dins de la mateixa enciclopèdia s’ha pogut trobar aquella tinta que es treballarà més a fons en aquest treball: la tinta invisible o també anomenada tinta simpàtica, la qual ve definida com tinta incolora a la qual cal aplicar algun tractament físic o químic; sovint l’aplicació de la calor és suficient perquè sigui visible el que ha estat escrit en un paper amb aquesta tinta.

¹ Corominas, Joan. *Diccionari Etimològic i Complementari de la Llengua Catalana*. Barcelona: Curial Edicions Catalanes.

² Institut d’Estudis Catalans. *Gran Diccionari de la Llengua Catalana*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 1998.

2. La tinta

Per començar a entendre més a fons el que seria la tinta invisible, deixem de banda el segon mot i anem a analitzar més a fons aquest primer: tinta.

En molts tractats d'escriptura antics es troben moltes receptes per a fer tinta que, com molts altres materials utilitzats pels escribes, han resistit al pas del temps. La majoria de receptes es basaven en tintes de carbó amb pigments, per exemple, com el negre de fum que suspès en una mescla d'aigua i goma aràbiga, tot i que també es conserven tintes més clares de tonalitat com seria una feta a base de sal i agalles de roure³.

La venta comercial de tintes preparades es va generalitzar en el segle XVIII, en perfeccionar-se tot tipus de material per escriure, com van ser les plomes metàl·liques, les quals van donar lloc a un seguit de tintes més adequades al tipus de ploma, així que, al segle XIX, molts fabricants havien elaborat tintes específiques a cada tipus de ploma. Els cal·lígrafs més moderns poden triar dins d'una àmplia gama de tintes, no obstant, se segueixen practicant experiments amb les receptes antigues per poder obtenir aquells trets més particulars de cadascú. Tot i això, la regla bàsica per poder escriure el més bé possible amb tinta pròpiament fabricada és no utilitzar tintes resistents a l'aigua. Llavors, s'ha de comprovar que reuneixin totes les propietats per poder escriure amb un excel·lent cal·ligrafia: han de fluir lliurement, però sense que s'escampi, que es pugui assecar ràpidament, que no danyin el paper ni els instruments utilitzats i, sobretot, que siguin estables una vegada seques.

³ Agalles de roure: estructura de tipus tumoral induïda pels insectes i altres artròpodes, bacteris i fongs. Es tracta de la resposta del vegetal a la presència del paràsit amb un creixement anòmal del teixit que intenta aïllar l'atac o la infecció. En aquest cas és la defensa del roure.

3. Breu història de la tinta

Tal com em va dir el professor sr. Xavier Renedo⁴ un dia que es va parlar sobre la tinta, cal destacar el fet que en general, gairebé ningú, s'ha interessat ni s'interessa per la tinta. Més aviat, s'ha interessat pel material amb què escrivien i quin era l'alfabet utilitzat, però no amb què fabricaven la tinta ni quins tipus hi havia, així que el gran ventall de possibilitats que vaig veure en el recull històric de l'evolució de tinta es va reduir molt, i de cop.

Així que, no se saben realment quins eren els orígens de la tinta, només que van sorgir un segle més tard que l'aparició de l'escriptura, però no s'ha sabut fixar cap data aproximada. Es tracta d'un fet realment irònic, ja que la tinta, era el mitjà principal per a preservar els arxius i els registres històrics els quals diuen molt del nostre passat: la tinta és història.

El primer ús de la tinta, l'original, va ser per pintar i dibuixar a les coves on l'home prehistòric vivia. Però el seu major impacte per difondre el coneixement va ser amb l'arribada de la paraula impresa, molt abans que Johann Gutenberg inventés la impremta a Alemanya a mitjans del segle XV.

No va ser difícil, per a ell, obtenir mesclades negres o fins i tot, de color, ja que quaranta segles enrere o més, ja havia començat la gènesi de la tinta, gràcies a que moltes cultures van obtenir tinta per mitjà de tints i colorants que provenien de les baies, les plantes i els minerals. Aquest fet és el que molts l'han anomenat, traduït de l'anglès "*the ancient art of dyeing*", l'art del tenyir, on els egipcis van sobresortir amb aquesta tècnica. La majoria considera que aquesta tècnica i fabricació de tinta antiga s'ha perdut erròniament, ja que la tinta que es fabricava antigament era molt diferent en composició; la tinta antiga es caracteritzava per presentar una gran permanència, ja que era fabricada a base de carbó finament polvoritzat barrejat amb adhesius o líquids mucilaginosa, en canvi, a la tinta

⁴ Sr. Xavier Renedo: Girona 1958, professor de literatura catalana medieval i de l'escriptura de la Universitat de Girona.

actual, se la designa com una simple taca. Cal destacar que actualment, les tintes d'impresora contenen resines i productes tòxics que milloren la seva solubilitat.

Tornant a l'edat antiga, allà s'utilitzaven una sèrie de tintures de diferents colors, com per exemple el color marró i el color sèpia. Aquest tipus de tinta també és natural, es tracta d'un licor marró que és secretat per una petita glàndula i expulsat per un mol·lusc que habita als mars d'Europa, més concretament al mar Mediterrani, la sèpia. Aquests mol·luscos empren la seva "bossa de tinta" constantment per fugir dels seus enemics. Els egipcis també havien utilitzat aquesta tinta per a la coloració de les inscripcions en pedra, ja que és la més duradora de totes les substàncies naturals.

La tinta que utilitzaven generalment els antics era composta per fum negre barrejat amb goma. A l'any 200 dC, l'ús de la tinta es va anar generalitzant i popularitzant, la redescoberta de receptes i fórmules antigues es va multiplicar en nombre. La tinta de plata va ser de nou una de les més comunes a la majoria de països, la tinta vermella feta de cinabri vermellós i la tinta de blau indi van ser la més utilitzades per a l'escriptura de títols. Això va continuar fins al segle IV, quan els indis van començar a fabricar barreges massives de components i elaboraren preparats a partir de quitrà, brea i ossos cremats.

Al voltant de 1200 anys abans de l'era cristiana, van ser els xinesos els que van inventar el que es va anomenar "tinta invisible", la qual va sorgir a partir dels fums dels pins i de l'oli de les llums, barrejat amb gelatina per corregir l'olor de l'oli. Així doncs, la descoberta de la fabricació de tinta inventada pel filòsof Tien-Lcheu al 2697 aC, es va convertir en comuna l'any 1200 aC, i encara és utilitzada.

4. Fabricació de tinta

Existien moltes receptes per fer fabricar tinta, però actualment, rarament estan escrites, o sigui, que n'hi ha poques. Cal dir, però, que l'elaboració de tinta bàsica és molt simple.

Una de les moltes receptes antigues que encara es conserven, cita que primer de tot s'hi afegia una o poques gotes d'aigua destil·lada calenta a una tassa que contenia fum negre, aquest fum es podria aconseguir cremant paper o bé fusta. Evidentment, no se sabien les proporcions exactes, així que afegien aigua en el fum fins que quedés una mica pastós. Si afegien massa aigua, hi tiraven més fum, i si afegien massa poc aigua en comparació amb la quantitat de fum, n'hi afegien més. Ho barrejaven tot fins a obtenir ja un líquid una mica pastós i de color negre. Quan ho aconseguien, hi afegien una mica de goma aràbiga fins que aquesta quedés totalment dissolta. Segons ells, aquesta tinta fabricada per ells mateixos havia de tenir la mateixa consistència que les tintes comercials. Un cop tenien la goma aràbiga dissolta afegien tota la dissolució en un pot de vidre i ja tenien la seva tinta preparada.



Figura 1: tinta fabricada a partir de fum.

Una variant molt comuna d'aquesta tècnica, consistia en barrejar un rovell d'ou, una cullerada de goma aràbiga i mitja tassa de mel. Llavors, un cop barrejat ho afegien a la tassa amb fum negre i quedava una pasta negra. Després, hi adherien tanta aigua com fes falta per aconseguir una consistència més líquida que la que presentava tota aquesta petita massa.

Una altra manera de fabricar tinta invisible es basava en abocar aigua bullint i goma aràbiga en un recipient que contenia aproximadament quatre bosses de te. Llavors exprimien tot l'excés d'humitat que presentava el te. Ho colaven i obtenien, de manera tan senzilla, una mena de tinta.

També es poden utilitzar diverses parts de les plantes per fabricar tinta, a més, el color de les parts de la planta afecten al color del producte final de l'elaboració de tinta, o sigui, que es poden formar tintes de colors, com ara tinta vermella si utilitzem el suc de la remolatxa, o el suc de la mora farà una tinta molt negra. Si es volia fabricar tinta per mitjà d'aquestes parts de la planta, es trituraven i s'hi afegia la goma aràbiga necessària per a fabricar una massa pastosa que es diluïa per mitjà d'aigua destil·lada.



Figura 2: tintes de colors fabricades a partir de plantes.

Sense deixar de banda els elements naturals, també es pot fabricar tinta mitjançant qualsevol tipus de baia, sigui de cirera, de maduixa, de gerds, etc, col·locaven les baies en un colador i els hi espremiem tot el suc que contenien. Un cop això, afegien mitja cullerada de vinagre, el qual servia per mantenir el color de la tinta i preservar el seu suc, i també hi afegien mitja cullerada de sal i ja estava llesta. Aquesta tinta, però, s'havia de guardar hermèticament i a la nevera si es volia realment conservar.

Per a la fabricació de tinta noguera, eren necessàries les nous. El problema que tenia i té l'elaboració d'aquesta tinta és que taca moltíssim deixant un color sípia. Per començar, picaven aproximadament unes vint nous i es col·loquen aquestes nous i petxines triturades en una cassola, aquesta tant és si és de ferro o de porcellana, donava el mateix resultat. Es cobria tota la barreja amb aigua destil·lada i s'hi afegia, com quasi bé a totes, goma aràbiga i es deixava bullir gairebé una hora. Llavors es retirava del foc i es deixava en remull una setmana més o menys. Quan més temps es deixava en remull i reposar, major quantitat de tinta s'obtenia. Després, es colaven les cloves i s'hi afegia, com en l'anterior, mitja cullerada de vinagre i mitja cullerada de sal. En totes aquestes receptes, es podia utilitzar el vi, el vinagre o la cervesa, ja que les tres substàncies tenien el mateix objectiu, adherir millor la tinta al paper i que aquesta duri més temps.

També era molt comú escriure's cartes perfumades. És a dir, fabricaven tinta mitjançant les receptes anteriors i, a l'hora de fer la barreja, hi afegien olis essencials, per tal de que la tinta amb què escrivien, fes olor.

Per poder anar més enllà, es va parlar amb el sr. Oriol Miró i Genovart, qui, tal com diu a la seva pàgina web⁵ i segons ell, és un cal·lígraf a qui li agraden les lletres, els llibres, les tintes, els papers, les teles, els pergamins, els pinzells i qualsevol tipus de ploma. Com diu la seva introducció, la seva feina és treballar amb lletres i textos: comprendre la lletra, reproduir les seves formes històriques i mètodes tradicionals, i poder explorar noves eines i formes a partir de les primeres.

Així doncs es va creure que contactar amb un cal·lígraf que pogués explicar la seva tècnica utilitzada per crear textos i per escriure, seria molt útil.

Segons el sr. Oriol Miró, per als manuscrits antics, els medievals i els anteriors s'utilitzaven dos tipus de tinta, les tintes a base de pigments i les tintes ferro-

⁵ Pàgina web del sr. Oriol Miró: <http://www.urimiro.com/>

gàl-liqués. El senyor Miró, però, utilitza les primeres, les tintes de pigments, ja que, segons ell, són menys abrasives amb les plomes i amb els suports (paper o pergamí). Així doncs, les tintes de pigments consten de tres ingredients bàsics:

1. El pigment, que dona el color. Negre de fum, negre de vori, noguerina, terres marrons i ocres són els més habituals per a tintes negres i marrons. Però també mini de cadmi i altres minerals de colors, per a tintes de colors diferents de negre o marró.
2. El medi, que facilita l'aplicació del pigment (normalment, en tintes el medi és l'aigua).
3. L'aglutinant, que fa que el pigment i el medi quedin ben lligats. Barrejant l'aigua i el pigment, sense presència d'aglutinant, obtenim una suspensió del pigment en l'aigua, on es pot distingir fàcilment el pols pigmentat i l'aigua. Aquest aglutinant pot ser qualsevol substància que funcioni com a cola. Així, els aglutinants més antics coneguts són les resines d'arbre (gomes, entre les quals, la més usada és la goma aràbiga, resina de l'acàcia aràbiga) i també la clara d'ou.

Així que, en el seu cas, bàsicament es barreja pigments, amb aigua i goma aràbiga. Per a fer la barreja, només es necessita un morter per poder picar i moldre bé el pigment i fer més fàcil la seva barreja amb aigua i amb goma aràbiga. A vegades, és aconsellable barrejar-hi clara d'ou o, fins i tot, el rovell, ja que aquests tenen la textura llefiscosa i enganxosa que farà que escriure sigui més fàcil i lleuger i permetrà que la tinta s'enganxi millor.

També és molt comú entre els cal·lígrafs utilitzar tinta xinesa en barra, que es tracta d'una barra sòlida de carbó premsat amb l'aglutinant corresponent (alguna resina). Fregant la barra de tinta amb aigua, sobre una pedra de pissarra en forma còncava, s'obté la tinta xinesa que s'utilitza tradicionalment a la Xina i orient. No has de confondre aquesta tinta amb la tinta "xina" comercial que es pot comprar a les botigues no especialitzades. Aquesta tinta "xina" que no és xina, en anglès es coneix com a "indian ink" o "drawing ink", i no és ni xinesa ni Índia, obstrueix i fa

malbé les plomes molt ràpidament. Però tot i això, continua essent molt comuna entre els escriptors i cal·lígrafs.

5. La tinta invisible

Aprofitant que l'abril d'aquest any, la CIA va llençar els seus documents classificats i més antics, hem observat que, els que van datats del 1917 i el 1918, la majoria, contenien principalment receptes per a fabricar tinta invisible dirigides als agents de l'Oficina d'Intel·ligència Naval.

Aquest fet, doncs, fa que ens adonem de la importància que presenta i ha presentat la tinta invisible al llarg de la història, ja que, no només servia per escriure cartes d'amor a l'antiguitat, o per simple diversió, sinó que s'utilitzaven a les guerres, per exemple, en el temps de la Primera Guerra Mundial, sigui com a comunicació entre bàndols o per estratègies bèl·liques. Avui en dia, ens pot semblar una mica inversemblant que un mètode d'espionatge com aquest pogués ser efectiu, però en el seu temps, però, per exemple, va ser una eina molt important en la borsa d'espionatge dels turcs. Tant important va ser que, la CIA va tardar més d'un segle a treure a la llum les receptes més bàsiques.

Primer de tot, cal diferenciar els dos conceptes més significatius de tinta invisible, és a dir, dins d'aquest camp, existeixen dos tipus de tinta invisible ben diferents: la tinta invisible formada a partir de fluids orgànics i les tintes simpàtiques.

El primer de tots, el més comú però també el que es mirarà més per sobre en aquest treball, és el que es duu a terme per mitjà de compostos naturals. És a dir, aquells més comuns a la vida quotidiana, com ara bé el suc de llimona, el suc de llet, el vinagre, la suor, el suc de ceba, la saliva, l'orina i la sang diluïda entre d'altres. La majoria d'aquests es donen a conèixer en presència de calor, vol dir que, si s'escriu amb qualsevol líquid orgànic d'aquests, es deixa assecar i li afegim calor, el missatge es reproduirà al paper.

L'altre tipus de tinta, com ja s'ha esmentat anteriorment, és el grup de les tintes simpàtiques i el que s'ha volgut treballar més a fons. Són aquelles barreges de compostos més complexes que les anteriors, és a dir, que contenen un o més productes químics i que requereixen l'aplicació de reactius perquè es reproduïxi el missatge amagat.

Dins d'aquest gran grup anomenat tintes simpàtiques, podem distingir uns subgrups, que es relacionarien amb el color que dona lloc en realitzar-se la reacció química. De cada grup existeixen, més o menys, quatre maneres de fabricar-ne, així doncs, a continuació, hi haurà un recull de maneres de fabricació de tintes per colors.

TINTES QUE ES TORNEN BLAVES

En aquest grup, hi ha un recull de cinc maneres de fabricar tinta que, a simple vista és incolora, però que, en afegir un producte químic, es tornarà blava.

1. Primer de tot, s'escriu amb una solució de clorur de cobaltós. Escalfant l'escrit, va apareixent el color blau però s'acaba empal·lidint.
2. S'escriu amb una solució de nitrat de cobalt, i es ruixa amb una solució d'àcid oxàlic.
3. S'escriu amb una solució de ferrocianur potàssic i es tracta l'escrit amb una solució de clorur fèrric.
4. S'escriu amb només aigua en el paper, es deixa assecat i es fan actuar els vapors de iode.
5. S'escriu amb engrut de midó clar i es ruixa l'escrit amb una solució de iode.

TINTES QUE ES TORNEN GROGUES

En aquest grup, hi haurà un petit recull de quatre receptes per a la fabricació de tinta aparentment invisible però que, en reaccionar els seus components, es tornen grogues.

1. S'escriu amb una solució de clorur amònic i s'humiteja l'escrit amb una solució de titani.
2. S'escriu amb una solució que contingui quatre parts de bromur potàssic i quatre parts més de coure i es deixa assecar. El missatge escrit apareixerà si s'escalfa el paper.
3. S'escriu amb una solució de clorur cúpric i es deixa assecar. El missatge apareixerà si s'escalfa el paper.
4. S'escriu amb una solució d'acetat de plom i es tracta el missatge amb àcid iodhídric.

TINTES QUE ES TORNEN VERDES

Seguidament s'hi ha afegit un recull de tres receptes de fabricació de tinta invisible que acabarà essent de color verd.

1. S'escriu amb una solució de clorur cobaltós i clorur de níquel, escalfant els traços que apareixeran de color blau i que en refredar-se, desapareixerà.
2. S'escriu amb una solució d'arseniat de càlcic i es ruixa el missatge amb una solució de nitrat de coure.
3. S'escriu amb una solució de clorat sòdic i s'humiteja l'escrit amb una solució de sulfat de coure.

TINTES QUE ES TORNEN VERMELLES

A continuació, hi ha un parell de receptes de fabricació de tinta invisible que, en reaccionar els seus components, apareixerà el missatge de color vermell.

1. S'escriu amb una solució diluïda de clorur fèrric i es deixa assecar. Apareix l'escrit mullant el paper escrit en una solució de tiocianat potàssic .
2. S'escriu amb una solució de clorur sòdic. Apareix l'escrit amb una solució de clorur d'estany (II).

6. Breu història de la tinta invisible

Existeix una gran dependència entre la història de la tinta invisible i la història de les guerres. És a dir, la tinta invisible anava molt lligada a les guerres, ja que en tema de l'espionatge i la intriga de les guerres, la tinta invisible hi jugava un paper important i interessant.



Figura 3: fabricació de tinta invisible mitjançant la fluorescència

La història de la tinta invisible es remunta fa uns dos mil anys aproximadament, en l'època dels antics grecs i els romans. El primer registre d'utilització d'aquest tipus de tinta ve marcada per Plini el Vell al segle I dC, qui va deduir que l'ús de la llet de la planta "tithymalus" podria ser útil per a la fabricació de tinta invisible.

La tinta invisible va continuar essent d'utilitat al llarg del Renaixement, on els estadistes la feien servir per a l'escriptura de cartes. Un erudit italià, Giovanni Battista della Porta, va desenvolupar una nova fórmula per a la creació d'aquesta tinta, que consistia en pintar la closca d'un ou passat per aigua amb una onça

d'alumini i vinagre. Llavors ho va filtrar i així el missatge amagat es va quedar marcat en l'albumina de l'ou. Quan va el va pelar, va poder comprovar que el missatge s'havia quedat escrit.

Anant més lluny, s'arriba a la guerra de la independència dels Estats Units. Els dos bàndols (els nord-americans i els britànics) van fer un gran ús de la tinta invisible. Se sap que els britànics van poder utilitzar el tipus de tinta esmentat anteriorment, el de fluids orgànics. Per poder demostrar que la carta contenia missatges secrets, a la punta de la carta hi havia escrita la lletra efa si es tractava de compostos que es podien llegir en aplicar-hi calor provinent del foc, i si es tractava de missatges que es revelarien amb la presència d'un àcid, a la carta hi havia escrita una lletra "A".

Malgrat aquesta idea dels britànics, George Washington necessitava alguna cosa més. Volia una fórmula química que es pogués aplicar per a la fabricació de tinta invisible i a on només es pogués aplicar un únic reactiu per a l'aparició d'aquesta. Així que va cridar a James Jay, un metge amb grans coneixements de química el qual va crear el que ara coneixem com a "tinta simpàtica". Així doncs, Washington va donar la fórmula (que actualment no se sap quin és) al comandant Benjamin Tallmadge, qui la va introduir a tots els seus exèrcits i, sobretot als seus espies, els quals van acabar escrivint cartes aparentment normals però entre línies, o en fulls en blanc o en un llibre de butxaca, tot missatge que es volgués amagar dels britànics.

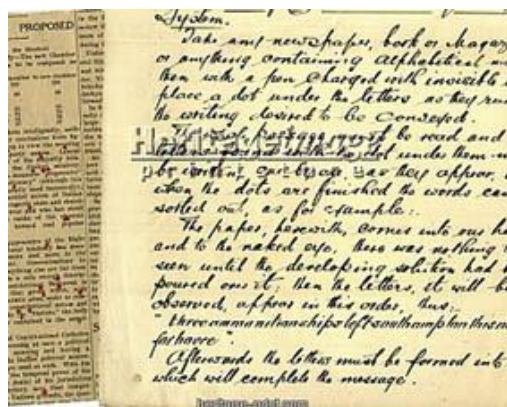


Figura 4: escrit on apareix tinta invisible revelada entre línies.

Se sap, també, que l'ús de la tinta invisible va ser molt present en la primera i la segona Guerra Mundial. En la primera, era bàsic utilitzar la manera més senzilla de fabricació de tinta invisible, ho feien mitjançant el suc de llimona i la llet. Tot i això, van ser els alemanys qui van estar a l'avantguarda de la creació de noves formes. Primerament, van utilitzar fàrmacs, ja que podien passar perfectament com a medicaments exclusius pel mal de cap o per la febre. Però no va durar gaire i es van haver de refugiar en altres compostos que no fossin amb elements comuns i diaris. Van començar per la creació de tintes mitjançant sulfats de ferro, sulfats de coure i sals de cobalt. Utilitzaren com a reactius vapors d'amoniac, carbonat de sodi, i potassi.

Tots els bàndols van començar a buscar un únic reactiu que, aplicant-lo, pogués desxifrar tots els missatges amagats, independentment de la seva composició química. Es va trobar que utilitzant vapors de iode, es debilitaven les fibres del paper per l'alteració que presentava amb la humitat, i es podien llegir tots els missatges amagats. Així que, els alemanys, van descobrir una "contra-mesura", és a dir, van trobar una manera perquè no es poguessin debilitar les fibres del paper amb vapors de iode. Primer escrivien el missatge en un paper i el mullaven completament en aigua o en vapor, perquè totes les fibres s'alteressin i llavors els deixaven assecar.

En canvi, als agents nord-americans, se'ls va fer mullar els colls de les camises i els mocadors amb nitrat de sodi, ja que si mai es necessitava fabricar tinta invisible, mullant els colls i aquests mocadors impregnats, es podia fabricar ràpidament. Això va comportar que també s'escrivissin missatges amagats en els cossos dels soldats, els quals es podien revelar amb la presència d'atomitzadors. I, si s'escrivien a les ungles, amb carbó vegetal es podien revelar els gravats.

Durant la segona guerra mundial, sí que es va haver d'investigar noves formes de desenvolupament de la tinta invisible i també, quines eren les tècniques de fabricació de tinta dels enemics, així que paral·lelament amb la batalla militar, es va crear una batalla dins els laboratoris.

La Abwehr⁶, l'agència d'intel·ligència alemanya, va desenvolupar cinc tipus de fabricació de tinta, però només va lliurar les receptes a aquells qui creien que eren de confiança. Per exemple, per al desenvolupament d'una d'aquestes, el que rebia la carta, havia de mullar el paper, polvoritzar-lo amb una pols vermella que contenia naftalè, escalfar-ho a 140 graus Fahrenheit, i exposar-ho a la llum ultraviolada. Quan els enemics van saber aquesta manera de llegir cartes amb missatges amagats, van aplicar els mateixos mètodes a totes les cartes, és a dir, quan rebien una carta, l'exposaven a la calor, a la llum ultraviolada, a vapors de iode. També la ratllaven amb raspalls de filferro que, cadascun d'aquests, havia estat submergit anteriorment a diferents reactius descoberts.

L'última guerra que es mirarà detalladament tal com s'ha fet en les anteriors i que acabarà amb la breu història de la tinta invisible, serà la Guerra Freda. Durant el període que va durar aquesta guerra, es diu, també, que va ser el període d'or de l'espionatge, ja que els països en guerra van dedicar molt de temps en la investigació de nous mètodes d'espionatge. Això va significar que aquestes noves tècniques d'espionatge poguessin ser més eficaces i sofisticades.

Un avanç important va ser començar a no mirar tant per a quines fórmules es podria escriure de manera amagada, sinó canviar la manera d'escriure, és a dir, canviar una mica el material a on s'escrivia i amb què s'escrivia. Així va sorgir un nou tipus d'escriptura, el qual es basava en no escriure en un paper mullat sinó escriure en el paper directament. Però això va suposar algun inconvenient i no va acabar de funcionar. Malgrat això, la KGB Soviètica i la Stasi d'Alemanya Oriental, van desenvolupar una altra alternativa durant el 1950: el mètode de transferència en sec. Així doncs, en lloc d'escriure directament al paper, s'impregnava químicament un paper i es col·locava entre dos papers normals, sense res. S'escrivia el missatge amagat en el paper col·locat a dalt de tot. Llavors, reaccionava amb els components químics del mig i el missatge quedava reflectit al

⁶ Abwehr: agència d'intel·ligència alemanya que va estar vigent del 1921 al 1944.

full inferior. Cal dir que aquesta fabricació de tinta invisible va ser molt utilitzada al llarg del temps, fins i tot va servir als presoners nord-americans durant la guerra del Vietnam.

Una altra manera amb què va evolucionar la tinta invisible, va ser amb la creació de materials plàstics als anys seixanta. La CIA va trobar una nova manera de transferir els missatges amagats. Només calia fregar el plàstic amb el missatge en un paper i aquest es revelava. Els agents portaven els missatges amagats en llocs comuns com ara muntures d'ulleres, targetes de crèdit, clauers, etc.

A mesura que la guerra freda va anar acabant, es va reduir el personal dedicat a la investigació de tintes invisibles. També hi va jugar un paper important les noves tecnologies, ja que van començar a substituir el correu per carta.

7. Fabricació de tinta invisible

Com ja s'ha esmentat anteriorment, per a la fabricació de tinta invisible no es necessita gran cosa. Fins i tot, molts, defineixen el concepte de tinta invisible com qualsevol substància que es pot utilitzar per a la creació de missatges amagats fins que, amb alguna altra substància, el missatge pot ser revelat. També, cal saber que hi ha tres maneres per a la fabricació de tinta: aquelles que es revelaran mitjançant calor, aquelles que necessitaran llum (bàsicament llum ultraviolada) i aquelles que requereixen altres substàncies químiques perquè el seu missatge pugui ser visible. En aquest treball però, les que es veuran i s'estudiaran més detalladament seran les terceres, ja que, fins ara, eren les menys recurrents en la vida quotidiana i les que realment interessaven. Primer, però, es farà una petita pinzellada de les tintes que són revelades mitjançant la calor.

Existeixen moltes maneres, més ben dit, substàncies presents a la nostra vida que si les utilitzem per a escriure en un paper són, aparentment, incolores, però que, en escalfar-les, fan que allò que s'ha escrit es torni de color marró. L'exemple més vist i més típic és el suc de llimona, però com aquest també es pot escriure amb qualsevol suc que contingui àcids, com el suc de taronja, de poma etc. També tindran el mateix efecte el vinagre, la llet, el suc de ceba, el vi blanc, fins i tot, l'aigua amb sabó també es pot utilitzar. Tot seguit s'ha intentat fabricar tinta invisible a partir d'algunes d'aquestes substàncies.

VINAGRE

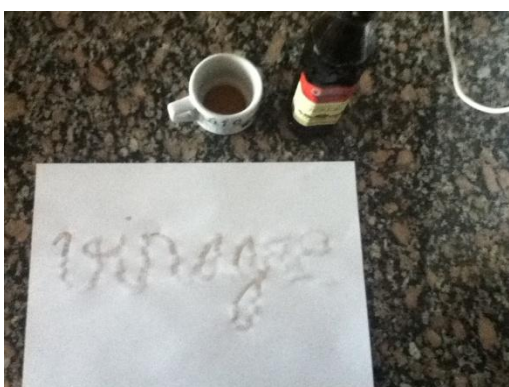


Figura 5: inici de la revelació de tinta invisible feta amb vinagre.

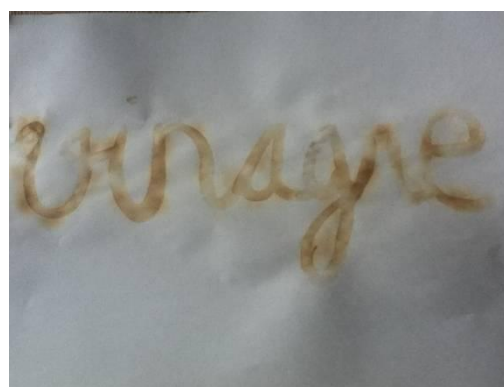
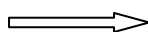


Figura 6: revelació del missatge.

LLET



Figura 7: inici de la revelació de tinta invisible amb llet.

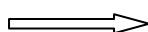


Figura 8: revelació del missatge.

SUC DE LLIMONA



Figura 9: inici de la revelació de tinta invisible amb suc de llimona.

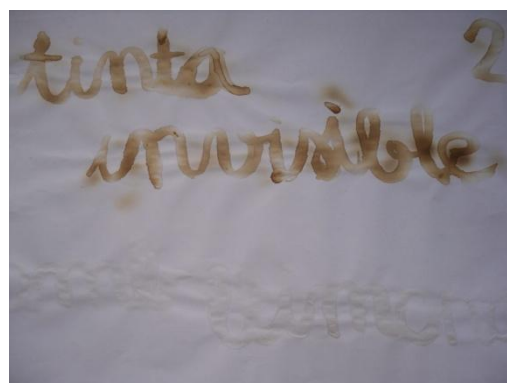
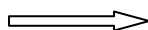


Figura 10: revelació del missatge.

Els dos següents grups amb què es pot crear tinta invisible, estan explicats posteriorment més detallats, ja que són els menys comuns i els menys vistos. Així que només donar quatre pinzellades sobre aquests. Els que són visibles mitjançant llum ultraviolada, es tracta de compostos amb fluorescència, i els que necessiten presència d'altres substàncies químiques perquè puguin ser revelats, n'hi ha de diferents tipus. En aquest treball, se n'han elaborat de tres tipus diferents. Les més comunes són les de reaccions àcid-base, on es necessita la presència d'un indicador aparentment incolor, però que en afegir-li a la dissolució i canviar-li el medi, vira i es torna de color. Uns exemples d'aquests són la fenolftaleïna, el m-nitrofenol, el p-nitrofenol, la nitramina, la timolftaleïna, etc.

Els altres compostos que també seran explicats més endavant es tracta de compostos que precipiten en fer-se la reacció, o bé, en les reaccions de complexació, la qual té a veure amb l'intercanvi d'electrons.

8. Les reaccions químiques

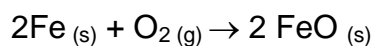
Abans de començar a explicar el seguit de reaccions químiques que s'han utilitzat per poder obtenir a partir de química diferents tintes invisibles, es farà un comentari sobre què són les reaccions químiques.

Una reacció química, doncs, és un procés que implica un canvi en l'estructura electrònica d'un o varies molècules, mitjançant el trencament i formació d'enllaços químics. O sigui que, per exemple, diverses molècules poden reaccionar per formar-ne una de més complexa, o una molècula es pot descompondre en altres molècules més petites, o bé, en pot canviar la seva estructura interna. S'anomenen reactius a les molècules que reaccionen, i es diuen productes les molècules que es s'obtenen com a resultat de la reacció.

Per entendre-ho millor, es posa un exemple relacionat amb un aliment comú a les nostres fruites: la poma. Si es talla una poma per a la meitat i la deixa a l'aire lliure durant un període de temps no gaire llarg, es pot observar que el color blanquinós de dins es va tornant groguenc. Això es degut a la reacció entre l'oxigen de l'aire i algunes substàncies presents a la poma, i en reaccionar en creen d'altres que fan que la poma canviï el seu color.

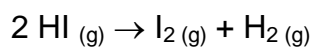
Per acabar, cal dir que existeixen quatre tipus de reaccions químiques.

Les de **síntesi** són aquelles en les quals es forma una substància a partir de dos o més reactius. Un exemple clar seria la formació de l'òxid de ferro (II).



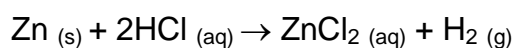
La reacció es produeix en la superfície del ferro, entre els seus àtoms i algunes molècules d'oxigen gas que xoquen contra la superfície. El producte resultant és de tipus iònic, format per ions Fe^{2+} i O^{2-} disposats ordenadament en una xarxa cristal·lina.

Existeixen les reaccions **de descomposició** on una substància es descompon en altres de més senzilles. Un exemple seria la descomposició del iodur d'hidrogen.



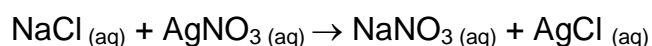
Tant el reactiu com els productes són gasos. La reacció es produeix per xocs de les molècules de iodur d'hidrogen. Alguns xocs provoquen la reorganització dels àtoms, fent desaparèixer el iodur d'hidrogen i donant lloc a noves molècules d'hidrogen i iode.

Les següents serien les reaccions **de desplaçament**, en les quals un element es desprèn d'un altre i el substitueix en el compost. Per exemple, la reacció del zinc, sòlid, amb l'àcid clorhídric en dissolució aquosa.



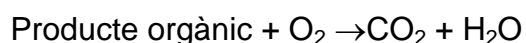
Aquesta és una reacció característica entre els metalls i els àcids, en la que el zinc, que és un metall força actiu, passa a la dissolució com ió, Zn^{2+} , desplaçant l'hidrogen que s'allibera com a molècula, H_2 , en forma gasosa.

També existeixen les reaccions **de doble desplaçament**, que són les reaccions entre dos compostos, amb intercanvi d'elements i formació de dos nous compostos, químicament semblant als anteriors. Per exemple, podríem dir que la reacció del clorur de sodi amb el nitrat de plata, ambdós en dissolució aquosa es tracta d'una reacció de doble desplaçament.



És una reacció entre ions que té lloc en medi aquós. Els ions de sodi, Na^+ i de plata, Ag^+ , intercanvien les seves posicions. Dels dos nous productes formats, un d'ells, el clorur de plata és insoluble i apareix en forma de precipitat.

Per últim, disposem de les reaccions **de combustió**, unes reaccions en les quals una substància reacciona amb oxigen i es desprèn energia en forma de calor, i a vegades de llum. La combustió dels productes orgànics que tenen només C i H (hidrocarburs) o bé dels productes orgànics amb C,H i O, sempre dóna com a productes diòxid de carboni i aigua, segons l'esquema.



Així doncs, un cop se sap què són les reaccions químiques i quins tipus principals existeixen, començarem a estudiar més a fons aquelles reaccions que ens han permès crear tinta invisible, ja que els compostos, per a ells mateixos són incoloros, en canvi, quan els fem reaccionar entre ells, com a resultat, apareix la reacció en forma de color.

O sigui, si en un paper apliquem un missatge escrit amb un compost incolor, i el fem reaccionar amb un altre, la reacció química es durà a terme i el missatge escrit anteriorment apareixerà ja que en canviarem les seves propietats i la seva estructura interna.

8.1. Reacció àcid-base

Per començar a entendre les reaccions àcid-base, començarem per definir les paraules àcid i base per separat segons la IUPAC.

Així doncs, es defineix àcid com una entitat molecular capaç de cedir un protó a una base o a les espècies químiques corresponents. Per exemple: H_2O , H_3O^+ , H_2SO_4 . Per altra banda, una base, es tracta d'una entitat molecular capaç de rebre un protó d'un àcid o de les espècies químiques corresponents. Per exemple: H_2SO_4 , OH^- , Cl^- .

Els àcids i les bases, juntament amb les sals, són substàncies de gran importància econòmica, atès el seu elevat volum en producció entre els productes químics industrials. D'altra banda, les reaccions àcid-base són molt freqüents en la vida quotidiana, com per exemple:

- Les taques que podem observar en un marbre després d'estar durant una estona en contacte amb el suc de llimona o taronja, són degudes a l'àcid cítric que contenen aquests fruits.
- L'eliminació amb vinagre de la calç que, provinent de l'aigua, s'arriba a incrustar amb el temps a les cafeteres, es produeix gràcies a una altra substància àcida, l'àcid acètic, que és el component essencial del vinagre.
- Els àcids com el sulfúric o les bases com l'amoniac s'utilitzen com a productes de neteja.
- Per combatre l'acidesa de l'estómac, produïda per un excés d'àcid clorhídric en els sucus gàstrics, no fem altra cosa que utilitzar un antiàcid, és a dir, una substància bàsica.
- Finalment, no podem oblidar que la formació d'alguns àcids en l'atmosfera, com el sulfúric o el nítric, tenen efectes poc desitjables des d'un punt de vista ecològic. Per exemple, la pluja àcida, els orígens de la qual cal situar en les combustions domèstiques, alguns processos industrials i el transport amb motors de combustió.

Tot seguit, s'ha elaborat una taula que conté les propietats més essencials dels àcids i de les bases.

| Àcids | Bases |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tenen gust agre. ▪ Les seves solucions solen tenir poder dissolvent. ▪ Canvien el color d'alguns colorants naturals. ▪ Són corrosius. ▪ Perden les seves propietats en reaccionar amb una base. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solen tenir gust amarg. ▪ Les seves dissolucions tenen poder desgreixador. ▪ Canvien el color d'alguns colorants naturals. ▪ Solen tenir un tacte untuós i llefiscós quan estan concentrades. ▪ Són corrosives. ▪ Perden les seves propietats en reaccionar amb un àcid. |

Figura 11: propietats dels àcids i bases.

8.1.1. Recull històric d'àci-base

Al llarg del temps, doncs, hi ha hagut molts químics que han ajudat a elaborar la definició més acurada sobre la reacció àcid-base. Veiem a continuació el seguit de teories:

El primer de tots, va ser Lavoisier. Tot i que els seus coneixements sobre els àcids forts estava restringit principalment als oxiàcids, els quals tendeixen a contenir àtoms centrals en un alt estat de concentració d'àtoms d'oxigen, com per exemple, l'àcid sulfúric (H_2SO_4), l'àcid nítric (HNO_3), etc, i que no era conscient de la veritable composició dels àcids hidràcids (HCl , HBr ,...), va afirmar que tots els àcids contenien sempre a la seva composició oxígens, el qual era el responsable

de totes les propietats i característiques que presenten els àcids. Lavoisier, doncs, anomenà a aquest element present a tots els compostos, “oxigen” ja que significa *engendrador d'àcids*.

El 1810, Humphry Davy, va publicar un article on demostrava la carència d'oxígens en alguns compostos àcids, com solen ser els àcids hidràcids, l' H_2S i l' H_2Te , entre d'altres.

Qui va seguir la teoria de Davy va ser Justus von Liebig, cap al 1838, utilitzant de base els seus coneixements sobre els àcids orgànics. Així doncs, va definir com a àcid a una substància que conté hidrogen, el qual pot ser reemplaçat per un metall.

Amb aquests tres químics i els seus descobriments i teories, van començar a aparèixer les teories àcid-base més comunes.

Segons la teoria d' Arrhenius un àcid és una substància que en una dissolució aquosa dissocia ions H^+ . Aquesta definició va sorgir a partir d'un treball que va realitzar juntament amb Ostwald, en el qual van trobar presència de ions en una solució aquosa. En canvi, les bases, segons Arrhenius, formen anions (OH^-). A continuació veiem un petit esquema sobre les reaccions àcid-base que va postular Arrhenius.



A finals del segle XIX, Arrhenius va postular la teoria de la dissociació electrolítica, amb la qual va poder explicar les característiques de les substàncies àcides i bàsiques. Segons aquesta teoria, hi ha substàncies anomenades electròlits, que en dissolució aquosa es dissocien en ions positius (cations) i en ions negatius (anions), i donen una dissolució capaç de conduir el corrent elèctric. Per comprovar la conductivitat d'algunes substàncies, podem muntar un circuit format

per una pila connectada, per un pol, a una elèctrode i, per l'altre, a una bombeta, que ahora es connecta amb un altre elèctrode. Vegem un exemple:

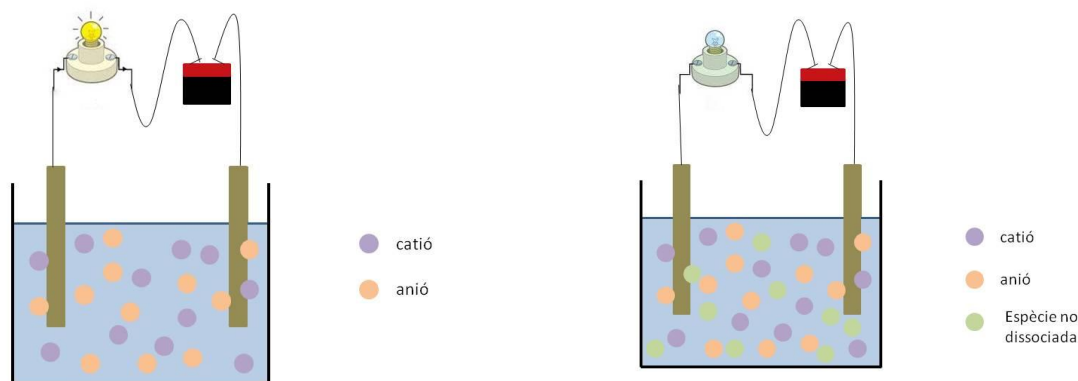


Figura 12: electròlit fort.

Figura 13: electròlit feble.

Podem comprovar que, en submergir els dos elèctrodes en una dissolució diluïda de sal comuna, NaCl, la bombeta s'encén, la qual cosa indica que la dissolució condueix el corrent elèctric. Aquest fenomen s'explica correctament si en la dissolució hi ha càrregues elèctriques lliures capaces de conduir el corrent elèctric. Aquestes càrregues elèctriques són el que s'anomenen ions.

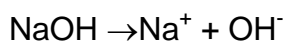
Aquests ions han de provenir per força de la substància dissolta, ja que si submergim els elèctrodes en aigua destil·lada, aquesta condueix molt poc el corrent elèctric; per tant, i d'acord amb la teoria d'Arrhenius, la conductivitat d'algunes dissolucions és deguda a la dissociació de la substància en els cations i anions respectius. Cal afirmar, però, que no tots els electròlits es dissocien totalment quan es dissolen en aigua, així que se n'ha de distingir dos tipus, els electròlits forts, que són totes les substàncies que en dissolució aquosa es troben totalment dissociades en els seus ions respectius (figura 12). I els electròlits febles, que són totes les substàncies que en dissolució aquosa es dissocien parcialment en els seus ions respectius, de manera que s'estableix un equilibri entre l'espècie no dissociada i els ions en dissolució (figura 13). Hi ha moltes substàncies que no es poden dissociar, com ara el sucre. Això vol dir que si

submergim els elèctrodes en una dissolució de sucre, la bombeta de la figures anteriors no s'encendria. Aquestes substàncies que no permeten dissociar-se s'anomenen no-electròlits.

Com a conseqüència de la dissociació electrolítica, Arrhenius va proposar les definicions d'àcid i base, i dins de cada grup va distingir entre àcids forts i àcids febles, segons els graus de dissociació. Malgrat això, la teoria d'Arrhenius presenta algunes limitacions, una d'elles i la més clara és que aquestes deduccions només són aplicables en dissolucions aquoses. També seria una limitació el fet de que només justifica el caràcter àcid o bàsic en compostos que tinguin ions hidrogen o ions hidroxil a la seva estructura, i deixa sense explicació, per exemple, el caràcter bàsic de l'amoniac (NH_3) o del carbonat de sodi (Na_2CO_3).

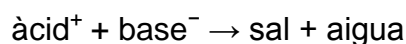
Així doncs, segons Arrhenius, un àcid és tot electròlit que, en dissoldre's en aigua es dissocia en ions hidrogen H^+ i en l'anió respectiu, per exemple, en aquesta dissociació d'àcid clorhídric, la qual resultaria una dissociació on l'àcid és fort ($\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{Cl}^-_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$). En canvi, si observem la dissociació de l'àcid fòrmic, veurem que es tractarà d'un àcid feble. ($\text{HCOOH}_{(aq)} \leftrightarrow \text{HCOO}^-_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$).

En canvi, segons Arrhenius, una base és tot electròlit que, en dissoldre's en aigua, es dissocia en ions hidroxil (OH^-) i en el catió respectiu, com per exemple, l'hidròxid de sodi, que és un electròlit fort i es dissocia en l'equació química següent:

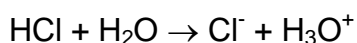


En aquesta altra reacció, la qual és bàsica, el que tenim primerament és hidròxid de sodi i, en dur-se a terme la reacció, l'anió hidròxid es dissocia i queda un catió sodi (Na^+) i un anió hidròxid (OH^-). Així doncs, és una base forta ja que està totalment dissociada en el catió corresponent i l'ió hidroxil.

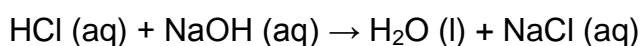
Aquestes deduccions d'Arrhenius van arribar a la conclusió de que a les reaccions d'àcid-base es forma sal més aigua a partir de la reacció entre un àcid i una base. El que en altres paraules seria que es tracten de reaccions de neutralització.



Una altra parella de químics, Johannes Nicolaus Brønsted i Martin Lowry, el 1923, van arribar a la conclusió que el caràcter àcid de les substàncies no es deu exclusivament al fet que en dissolució aquosa es dissociïn originant protons (H^+), sinó a la seva facilitat en cedir protons a altres. Així doncs, van dir d'àcids a les substàncies que cedeixen protons i bases a les substàncies que accepten protons. Així que, per exemple, el caràcter àcid d'una dissolució d'àcid clorhídric es deu a que aquesta cedeixi protons a l'aigua d'acord amb la reacció.



Gilbert N. Lewis, en canvi, no es va basar en definir els conceptes d'àcid i base com termes de protons i/o altres substàncies enllaçades, sinó que va definir a una base com un compost que pot donar un parell electrònic, i un àcid, un compost que pot rebre aquest parell electrònic. Per deixar-ho més clar. Si ens fixem en l'exemple que es troba a continuació veurem que la definició de Lewis no considera aquesta reacció com la formació d'una sal i aigua o la transferència d' H^+ de l' HCl a l' OH^- . En el seu lloc, considera com àcid al propi ió H^+ , i com a base l'ió OH^- , que té un parell electrònic no compartit. En conseqüència, aquí la reacció àcid-base, d'acord amb la definició de Lewis, és la donació del parell electrònic de l'ió OH^- al ió H^+ . Això forma un enllaç covalent entre H^+ i OH^- , que produeix aigua (H_2O).



En el aquest treball doncs, s'ha utilitzat la reacció àcid-base per poder "fabricar tinta invisible", que no és més que un compost primerament incolor, en fer-lo reaccionar amb un altre, es torna visible, així que es podrà llegir tot allò que està escrit.

8.1.2. pH

Per poder dur a terme aquesta reacció, cal d'estacar que bàsicament s'ha utilitzat un compost bàsic i s'ha ruixat amb un indicador d'àcid-base, la definició del qual es dóna posteriorment.

Un indicador d'àcid-base, o també anomenat indicador de pH és aquella substància que, mitjançant un canvi de color, indica el grau d'acidesa d'aquella dissolució. El color que pren la solució que conté dissolt l'indicador depèn del seu pH. Així doncs, el pH és un índex de la mesura del grau de l'acidesa o alcalinitat d'una solució, que és donada per l'activitat de ions hidroni (H_3O^+) presents en determinades substàncies. Per a les dissolucions el pH és la mesura de la concentració d'aquests ions. El pH té una escala de mesura, que va de l'u al catorze. Els pHs que van de l'u fins els set, s'anomenen pH àcids, els pHs set són neutres, o sigui, ni àcids ni bàsics, i els que van del set al catorze són pHs bàsics.

Anem, però, a analitzar una mica més acuradament el terme "pH", començant per la seva etimologia, la seva història i la seva definició matemàtica.

El terme pH va ser introduït per Søren Peter Lauritz Sørensen, un químic danès el 1909. Aquesta paraula prové del llatí (*pondus hydrogenii*), la traducció en català de la qual seria potencial d'hidrogen. Com ja hem esmentat, el concepte es va introduir el 1909 però va ser revisat el 1924 quan es va fer evident que la força electromotriu en les cèl·lules depèn de l'activitat i no que la concentració d'ions hidrogen. Cal dir que es desconeix la definició exacte de "p" en el pH. Algunes referències indiquen que la lletra "p" significa poder, altres es decanten més cap a la paraula potencial. Jens Norby publicar un article en 2000 argumentant que aquesta lletra "p" és una constant i significa "logaritme negatiu" i la lletra "h" significa hidrogen.

El pH es defineix, també, mitjançant l'equació següent: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Així doncs, per calcular el pH s'haurà d'utilitzar la fórmula anterior, és a dir, haurem de calcular el logaritme decimal canviat de signe de la concentració molar de ions H_3O^+ presents a la dissolució; això significa que, com més àcida és una dissolució, més petit és el seu pH i al revés. El pH és adimensional, és a dir, no té unitats; s'expressa simplement per un número. Quan una solució és neutra, el nombre de protons iguala al nombre d'ions hidroxil. Quan el nombre d'ions hidroxil és major, la solució és bàsica, quan el nombre de protons és major, la solució és àcida. Un altre mètode per calcular el valor del pH d'una substància seria utilitzant el paper indicador del pH o també anomenat, paper tornassol, que ens indicarà el valor del pH a partir de la variació cromàtica.

El pH d'una substància es pot mesurar de manera precisa mitjançant un potenciòmetre, també conegut com pH-metre, un instrument que mesura la diferència de potencial entre dos elèctrodes: un elèctrode de referència, generalment de plata o clorur de plata, i un elèctrode de vidre sensible al ió d'hidrogen.

8.1.3. Indicadors de pH en reaccions àcid-base

Com ja s'ha esmentat anteriorment, per mesurar d'una manera més precisa i ràpida el pH d'una dissolució, s'utilitza el pH-metre, un instrument que basa el seu funcionament en mètodes electroquímics complexos. Ara bé, per conèixer el valor aproximat del pH d'una dissolució o, simplement, per saber si la dissolució té caràcter àcid o bàsic, s'utilitzen els anomenats indicadors d'àcid-base.

Aquests indicadors són substàncies generalment orgàniques, amb caràcter d'àcid feble o base feble, que tenen la propietat de presentar una coloració diferent segons el pH del medi en què es troben. La propietat que caracteritza els indicadors és deguda al fet que l'espècie molecular (àcid feble o base feble) té un color diferent al de l'espècie ionitzada (base conjugada o àcid conjugat).

A continuació s'ha elaborat una taula amb uns quants dels principals indicadors de pH, el seu interval de viratge, és a dir, el pH en el qual es produeix el canvi de color, i aquest canvi de color.

| Indicador | Interval pH | Color 1 | Color 2 |
|--------------------|-------------|---------|---------------------|
| Violeta de metil | 0-2 | Groc | Violeta |
| Ataronjat de metil | 3.1-4.4 | Vermell | Groc |
| Vermell de metil | 4.2-6.3 | Vermell | Groc |
| Tornassol | 4.5-8.3 | Vermell | Blau |
| Vermell cressol | 7.2-8.2 | Groc | Vermell |
| Fenolftaleïna | 8-9.5 | Incolor | Vermell (fúcsia) |
| Nitramina | 11.0-13.0 | Incolor | Bru ataronjat |
| p-nitrofenol | 5.6-7.6 | Incolor | Groc |
| m-nitrofenol | 8.6 | Incolor | Groc |

Figura 14: taula d'indicadors.

Cal tenir en compte, però, que per a les espècies en dissolució, l'ull humà només pot apreciar amb claredat el viratge de l'indicador quan la concentració d'una de les formes colorejades és aproximadament deu vegades més gran que la concentració de l'altre forma. Aquesta limitació fisiològica impedeix amb prou precisió. A la pràctica, perquè el canvi de color sigui observable, cal que el pH variï aproximadament en dues unitats.

Així doncs, per poder fabricar "tinta invisible" a partir d'una reacció d'àcid-base i que, en afegir-hi un indicador, aparegui el missatge, s'ha hagut d'utilitzar aquells indicadors que a simple vista i primerament, siguin incolors, i que, en fer-ho reaccionar el l'interval adequat canviï de color. Tal com indica la taula anterior,

s'ha utilitzat la fenolftaleïna i el m-nitrofenol. Es volia utilitzar, també, la nitramina però és poc comuna en els laboratoris.

8.1.3.1. Fenolftaleïna

Per començar a entendre l'aplicació de la fenolftaleïna, cal saber-ne la seva definició. Segons l'*Institut d'Estudis Catalans*, la fenolftaleïna és un colorant obtingut per reaccions de condensació de l'anhidrid ftàlic amb fenol, emprat com a indicador del grau d'acidesa. Així doncs, és molt emprada com a indicador de neutralització, el pH de viratge de la qual és de vuit a nou i mig, això significa que en valors inferiors a vuit és incolora però en superar un viratge dins d'aquest interval, reacciona i es torna de color rosat. A continuació s'ha adjuntat una figura per poder-ne observar millor el seu viratge.

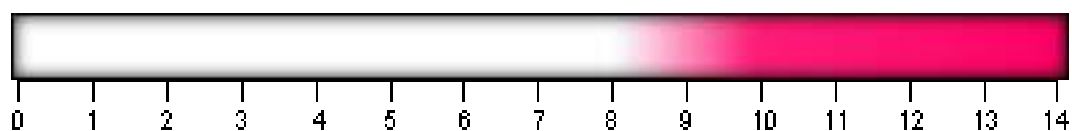


Figura 15: escala de viratge de la fenolftaleïna.

La seva molècula corresponent és $C_{20}H_{14}O_4$, l'estructura de la qual és la que hi ha dibuixada a continuació.

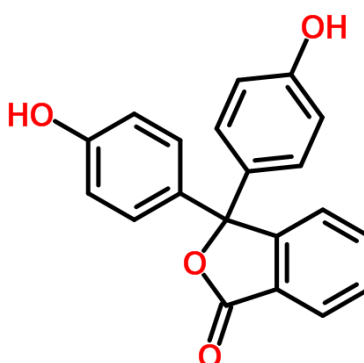


Figura 16: molècula de la fenolftaleïna.

Com ja se sap, tots els reactius i productes químics envasats, tenen a darrere una etiqueta on es pot observar la informació que ja s'ha donat a continuació, per

exemple, la seva molècula i fórmula química, el seu pes màssic, etc, però hi ha una cosa que és de les més importants de totes i a la que se n'hauria de fer més cas, els **pictogrames**. Cada dia són més importants les normes de seguretat dins els laboratoris químics. Per aquest motiu cal saber la perillositat que suposa la manipulació de productes químics. Per aquesta raó, l'etiquetatge dels diferents productes inclou uns pictogrames que de forma visual donen la informació relativa de la perillositat de cada producte. En el cas de la fenolftaleïna, el dibuix que s'hi representa és el següent, el qual significa que és perillós per aspiració.



Figura 17: pictograma de la fenolftaleïna.

8.1.3.2. M-nitrofenol

Per començar a entendre l'aplicació de l'm-nitrofenol, cal saber-ne la seva definició. El nitrofenol és un compost químic orgànic pertanyent a la família dels fenols nitrats. És un anell de benzè que conté un grup hidroxil (-OH) i almenys un grup nitrat unit a aquest anell.

Cal destacar que en el compost que s'ha utilitzat per aquesta pràctica, hi ha un grup nitrat. A continuació es veurà una fotografia de la molècula de m-nitrofenol ($C_6H_5NO_3$).

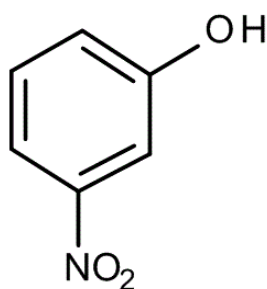


Figura 18: molècula d'm-nitrofenol.

Tal i com s'ha fet amb la fenolftaleïna, es volia adherir una imatge sobre el color del viratge que presenta l'm-nitrofenol, però aquest presenta un color groc tan pàl·lid en el seu interval de viratge que no s'ha pogut trobar una imatge.

A continuació, però s'ha elaborat una taula amb algunes de les propietats que presenta aquest compost.⁷

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Temperatura d'ignició | 400° C |
| Solubilitat | 20° C → insoluble |
| Punt de fusió | 95-98° C |
| Massa molar | 139.11 g/mol |
| Densitat | 1.49 g/ cm ³ (20° C) |
| Densitat aparent | 640 Kg/m ³ |
| Valor de Ph | 6.6-8.6 |
| Punt d'ebullició | 194 °C (93hPa) |
| Punt d'inflamació | 100° C |

Figura 19: recull de dades de l'm-nitrofenol .

Com a tots els compostos químics, l'm-nitrofenol té un pictograma, el qual s'ha de mirar abans d'utilitzar el producte i, sobretot, respectar. En aquest cas es tracta del signe d'exclamació, el qual ens indica que és un advertiment dels efectes adversos que el producte pot provocar en dosis altes. Algunes d'aquestes

⁷ Les dades de les propietats de l'm-nitrofenol s'ha extret de la pàgina web següent: http://www.chemdat.merck.de/sweden/chemicals/3-nitrophenol/MDA_CHEM-106794/p_u7Kb.s1OytQAAAEvIKA49iqu.

substàncies presenten conseqüències negatives, així com irritació en ulls, gola, nas i pell.



Figura 20: pictograma d'irritació cutània.

8.2. Reacció de precipitació

Per a començar a entendre les reaccions de precipitació hauríem de, primer de tot, buscar la definició d'aquesta reacció. Segons llibres de text de química, més concretament, el llibre de McGraw-Hill⁸ de química de primer de batxillerat, ens defineix reacció de precipitació com aquella en la qual els ions de diferents dissolucions reaccionen per formar un producte sòlid insoluble. Aquest sòlid insoluble és el que s'anomena precipitat. La formació d'aquest precipitat és un senyal de que hi ha hagut un canvi químic, una reacció.

En moltes ocasions, aquest sòlid insoluble es forma i es diposita al fons de la solució, però en pocs casos, aquest pot surar si és menys dens que el solvent, o també, es pot formar una suspensió.



Figura 21: substàncies que estan precipitant.

⁸Llibre de text McGraw-Hill, Mediterrània Cat, 2008.

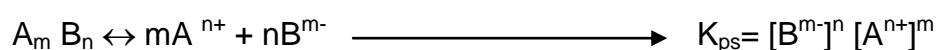
Aquestes reaccions són molt utilitzades per a la fabricació de pigments per extracció de les sals d'una solució, ja que pot ser recollit per mitjà de molts mètodes com la filtració, la decantació o la centrifugació.

8.2.1. Producte de solubilitat

Tota reacció de precipitació pot arribar a assolir un equilibri de solubilitat, és a dir, que pot arribar a l'estat al qual arriba una solució quan la velocitat en que precipita, el solut iguala a la velocitat a la que es dissol. Cada solució arriba a aquest equilibri quan aconseguix una concentració determinada la qual depèn de la temperatura ambiental.

Aquest equilibri, doncs, es pot expressar mitjançant una constant : el producte de solubilitat (K_{ps}), que relaciona les quantitats dels ions de la solució segons el seu equilibri de ionització.

A continuació un exemple que ajudarà a entendre millor el concepte.



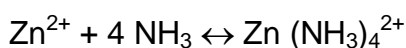
Amb els valors del K_{ps} en podem treure algunes conclusions, com per exemple, que podem determinar si una sal pot precipitar o no a partir de la concentració de ions que la componen, si el producte de solubilitat és major que el K_{ps} , en precipitarà la quantitat necessària per a poder igualar els dos valors. Un altre fet que podem percebre és que, a mesura que augmenta una concentració de ions, per exemple (A^{n+}), en disminueix l'altra (B^{m-}).

8.3. Reacció de complexació

Per entendre bé què és una reacció de complexació, s'ha buscat en l'Enciclopèdia *Catalana* el seu significat, el qual ens ve descrit com un tipus de reacció en la qual

el producte és un complex de coordinació. És a dir, que en les reaccions de complexació es formen enllaços entre els ions metàl·lics, que equivalen als àtoms centrals, i també es formen altres espècies que poden ser iòniques o neutres anomenades lligands. L'enllaç es forma per transferència d'electrons des d'una espècie nucleòfila⁹, el lligand, fins a una espècie que els accepta, el metall.

Més clarament, els ions complexos es fabriquen quan un catió reacciona amb un o més anions per formar un nou ió, el ió complex, el qual és un electròlit dèbil que es pot dissociar incompletament per a formar espècies originals. A continuació, s'ha escrit un exemple.



8.3.1. Constant d'equilibri

Les constants d'equilibri per a la ionització dels ions complexos es consideren constants inestables, i poden ser representades de la següent manera: K_{inst} .

S'ha de tenir en compte que moltes de les substàncies que s'ionitzen, ho fan per parts, és a dir, que durant la seva dissociació presentaran diferents K. Així doncs, la constant d'inestabilitat completa és el producte de les quatre constants individuals i es representa per mitjà de la fórmula següent tenint en compte l'exemple anterior.

$$K_{inst} = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4}{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}$$

8.4. Fluorescència

Un altre tipus de tinta invisible i molt diferent a la que s'ha dut a terme fins ara, la tinta invisible per mitjà de la fluorescència.

⁹ Espècie nucleòfila: reactiu que dona un parell d'electrons disponibles al substrat per formar un enllaç covalent.

La fluorescència és la propietat d'una substància d'emetre llum quan és exposada a radiacions com l'ultraviolat, rajos X, etc, on les radiacions absorbides, les quals són invisibles a ull nu, són transformades en llum visible, o sigui, en una longitud d'ona major.



Figura 22: Llum fluorescent en presència de rajos ultraviolats.

Existeix un compost aplicat a la fluorescència molt utilitzat per la policia científica, el luminol. Es tracta d'un compost químic ($C_8H_7N_3O_2$) que emet quimioluminescència, amb una brillantor blava quan entra en contacte amb un agent oxidant. És un sòlid de color blanc i soluble en la majoria de dissolvents orgànics polars però és totalment insoluble en aigua. Com s'ha esmentat anteriorment, aquest compost és molt utilitzat pels forenses, per a poder detectar les taques de sang en els crims, ja que reacciona amb el ferro de l'hemoglobina.

8.4.1. Fluoresceïna

Per a poder dur a terme dues de les pràctiques que es mostraran posteriorment, s'ha buscat dos components que fossin fluorescents, és a dir, que emetessin llum en presència d'alguna llum ultraviolada, que és la que principalment trobem al laboratori.

Cal destacar, però, que aquest component és l'únic que, en escriure el missatge amagat, aquest és visible, és a dir, que en escriure amb fluoresceïna en el paper,

el que s'ha escrit es pot veure a simple vista degut a que aquest compost dissolt en aigua no és incolor, sinó que presenta un color groguenc.

Així doncs, la fluoresceïna ($C_{20}H_{12}O_5$) es tracta d'un compost orgànic i sintètic de color taronja fosc o vermell en pols i és soluble en aigua i alcohol. Cal remarcar que és àmpliament utilitzat com a marcador fluorescent en moltes aplicacions.

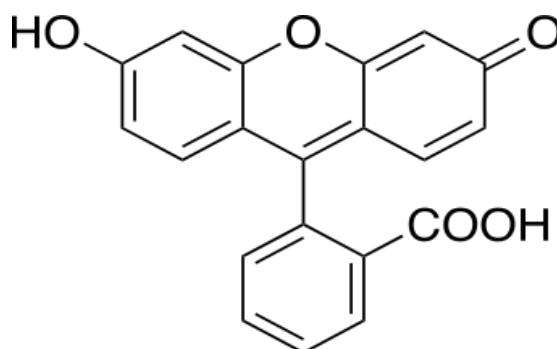


Figura 23: estructura molecular de la fluoresceïna.

8.4.2. Quinina

La quinina és el segon compost que s'ha decidit utilitzar en les pràctiques d'aquest treball. No s'ha decidit utilitzar la quinina a l'atzar, sinó per una raó concreta, és un producte que el podem trobar a prop, és a dir, que és mitjanament comú a les nostres vides, ja que és present en les begudes com per exemple les tòniques

Així doncs, la quinina és un compost amargant i cristal·lí blanquinós que s'extreu de l'escorça de diverses plantes com la quina. Disposa de propietats analgèsiques i antiinflamatòries, per no deixar-se que s'usa com antipirètic¹⁰ i anti-malària.

¹⁰ Antipirètica: substància que fa disminuir la febre sense afectar la temperatura corporal normal.

Marc pràctic

1. Experiències

Per poder dur a terme tot el camp pràctic del treball vaig poder accedir als laboratoris de química de l'institut Maristes Girona. En realitzar una de les primeres pràctiques, es va veure que el ventall de possibilitats de poder dur a terme les pràctiques que es volien es va reduir una mica pel fet de que el material necessari era escàs. Així doncs, es va poder accedir als laboratoris de la Universitat de Girona on es van poder realitzar totes les pràctiques proposades.

2. Pràctica 1: reacció d'àcid-base amb fenolftaleïna

Com ja s'ha anat esmentant anteriorment, l'objectiu d'aquest treball és anar descobrint diferents maneres de fabricar "tinta invisible" a partir de diferents reaccions químiques. Així doncs, la primera pràctica que s'explicarà serà la de fabricació de tinta invisible a través d'una reacció àcid-base on l'indicador, aquesta vegada serà la fenolftaleïna.

Aquesta pràctica consta de dues parts. A la primera s'expliquen els passos que s'ha hagut de seguir per poder dur a terme la fabricació de tinta invisible i se'n podrà visualitzar el resultat. A la segona part, el que s'ha volgut aconseguir, és modificar les concentracions de dissolucions que teníem des d'un principi i poder, per mitjà de càlculs experimentals, determinar si aquesta reacció es podria dur a terme o no.

MATERIAL

Com és de suposar, en un laboratori s'ha d'anar vestit adequadament, és a dir, sempre s'han de dur una sèrie de proteccions per tal de prevenir qualsevol dany. Així doncs, al laboratori és indispensable portar bata per protegir-nos la roba, i

també és necessari portar ulleres de protecció per emparar els ulls dels productes químics, així doncs, per les mateixes condicions és imprescindible manipular els productes amb guants.

Un cop s'ha deixat totalment clara la protecció dins d'un laboratori, s'esmentarà cada instrument utilitzat a la pràctica:

- Tubs d'assaig on s'observarà el viratge.
- Gradeta, en la qual hi subjectem els tubs d'assaig.
- Comptagotes per poder aplicar-hi les substàncies més acuradament.
- Matrassos "Erlenmeyers" per poder fer les dilucions.
- Vareta de vidre amb la qual barrejarem les dissolucions.
- Vidre de rellotge on s'hi col·loquen els grams de solut.
- Balança analítica on mesurarem els grams de solut.
- Espàtula per mitjà de la qual agafem el solut.
- Erlenmeyers per dur a terme les dilucions.
- Embut alemany per poder dipositar la dissolució dins la proveta.
- Una proveta per afegir els 10 mL de la dissolució anterior.
- Pinzell per poder escriure el missatge.
- Paper on s'escriurà el missatge.
- El pH metre per poder mesurar el pH de les dilucions.
- Vas de vidre per netejar el pH metre després de cada mesura.

Reactius

- Fenolftaleïna ($C_{20}H_{14}O_4$)
- Metanol (CH_3OH)
- Hidròxid de sodi ($NaOH$)

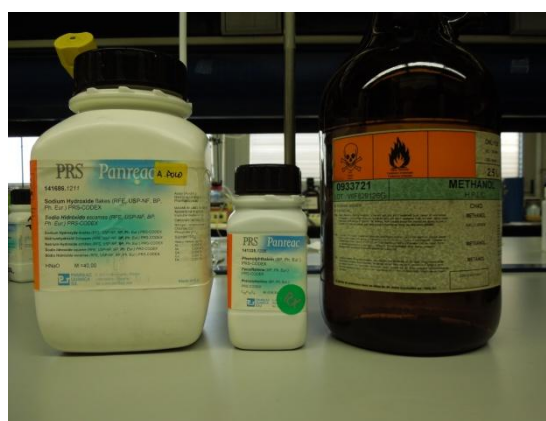


Figura 1: reactius.

OBJECTIU

Com ja s'ha esmentat varies vegades, l'objectiu principal de la pràctica és comprovar si realment la fenolftaleïna vira en l'interval que es dona a la majoria de casos i un cop s'ha trobat, preparar una dissolució de fenolftaleïna en metanol i, un cop obtinguda, escriure un missatge en un paper amb aquesta dissolució. En aplicar la dissolució d'hidròxid de sodi i aigua, hauria d'aparèixer el missatge escrit anteriorment. Aquest és l'objectiu principal de la pràctica.

A més a més, aquesta pràctica té un petit i segon objectiu, el qual consisteix en intentar variar les concentracions d'hidròxid de sodi i mesurar-ne el pH per poder veure si, variant les concentracions, la fenolftaleïna continua virant en l'interval adequat.

PROCEDIMENT

Primerament s'ha de preparar la dissolució de la fenolftaleïna. Per poder-la dur a terme, s'ha agafat 0.1 grams de fenolftaleïna ($C_{20}H_{14}O_4$) i s'han dissolt en 100 mil·lilitres de metanol (CH_3OH), s'ha de dissoldre en metanol perquè les propietats de la fenolftaleïna impedeixen que sigui soluble en aigua. Per fer-ho més matissat, primer de tot s'ha engegat la balança analítica i s'hi ha col·locat un vidre de rellotge al damunt. S'ha hagut de tarar el vidre de rellotge per poder calcular exactament el pes de la substància, ja que el pes del vidre de rellotge, sinó el taréssim, la balança també el calcularia. Amb una espàtula, s'ha anat col·locant la fenolftaleïna sobre el vidre de rellotge fins a obtenir-ne 0.1 grams.

Un cop es tenen els 0.1 grams de fenolftaleïna es dissol en 100 mil·lilitres (sempre amb les precaucions pertinents) de metanol, es barreja i ja es té preparada la dissolució de fenolftaleïna.

Quan ja s'ha preparat la primera dissolució amb la que haurem de treballar durant tota la pràctica, es comença per la primera part de la pràctica ja esmentada en els objectius d'aquesta, és a dir, comprovar que realment la fenolftaleïna vira en el

seu interval habitual. Per poder dur a terme aquesta investigació, primer de tot, cal preparar set dissolucions diferents perquè, si en variem la concentració, en variarem, consegüentment el pH.

Es parteix de la idea de que, en total, es vol obtenir una dissolució 0.1 molar d'hidròxid de sodi, és a dir, que en 100 mil·lilitres de dissolució, hi hauria d'haver 0.01 mols de NaOH. Així que, a partir d'aquests 100 mil·lilitres de concentració es calculen quants grams d'hidròxid de sodi es necessiten. En aquest cas, el resultat ha estat de 0.40 grams de NaOH.

Per poder pesar-los cal anar, com quan s'ha calculat els grams de fenolftaleïna que es necessitaven, a la balança analítica. S'agafa una espàtula i un vidre de rellotge. Aquest darrer es col·loca sobre la balança analítica i es tara. Un cop tenim la balança a zero, anem col·locant, poc a poc i amb l'espàtula grams d'hidròxid de sodi fins a obtenir la quantitat desitjada. Un cop mesurats, es dilueixen els 0.40 grams de solut en els 100 mil·lilitres de d'aigua destil·lada. S'introdueix la dissolució en un erlenmeyer i es marca la concentració sobre el vidre, per tal de no equivocar-se quan es tinguin totes les dissolucions.

A partir d'aquesta dissolució, es farà un seguit de dilucions, més concretament, sis dissolucions. Per dur-les a terme, s'agafa la primera dissolució de 0.1 molar i se n'agafen deu mil·lilitres amb una proveta i ajustant-ho amb un comptagotes i un cop es tenen aquests 10 mil·lilitres, s'introdueixen en un erlenmyer, i llavors s'hi afegeix tanta aigua com calgui per arribar a aconseguir 100 mil·lilitres de dissolució, així doncs, aproximadament seran uns 90 mil·lilitres d'aigua destil·lada. Existeix un ordre per dipositar primer el que, en la nostra pràctica seria, l'hidròxid de sodi i l'aigua destil·lada. Hi ha una dita que diu que sempre s'ha d'abocar ell sobre ella, o sigui, que l'àcid anirà sobre la base, així que primer s'hi posarà la base i llavors l'àcid. En aquest cas, en tenir una base i aigua destil·lada, serà aquesta qui farà d'àcid, així que primer hi tirarem els 10 mil·lilitres d'hidròxid de sodi (ja una mica diluïts anteriorment) i llavors s'hi col·locarà l'aigua destil·lada a sobre i es barrejarà. Aquest procediment s'anirà repetint com tantes dilucions

s'hagin de fer, així que en aquest cas es necessiten set mostres, per tant, s'han de fer sis dilucions a partir de la dissolució primera, la de 0.1 molar.

Quan ja es tenen els set erlenmeyers amb les concentracions adequades, se n'agafarà una, la menys concentrada i es mesurarà el pH. Per a poder dur a terme aquesta mesura, es necessita un pH metre, un aparell que, mitjançant un elèctrode ens ajudarà a mesurar el pH de les dilucions. Abans, però, s'ha d'introduir l'elèctrode dins els tampons, els quals contenen dissolucions de pH de 7 i de 4 i ajudaran a establir l'elèctrode. Així que, quan ja es té tot preparat, s'agafa la dissolució menys concentrada i es col·loca l'elèctrode dins de l'erlenmeyer i es prem el botó que té les lletres "pH". S'espera a que el pH-metre mesuri el pH de la dissolució el més ajustat possible. Un cop s'obté el resultat, es neteja l'elèctrode amb aigua destil·lada i s'introdueix, altre cop, l'elèctrode net a la següent dilució. Es va repetint el mateix procés per a cada dilució.

Quan ja es tenen tots els pHs calculats, s'agafen tants tubs d'assaig com dilucions es tinguin, en aquest cas set tubs d'assaig i s'hi col·loquen 10 mil·lilitres de cada solució preparada. Un cop hi ha tots els tubs d'assaig amb la mateixa quantitat de solució, s'afegeix a cada tub d'assaig una gota de fenolftaleïna.

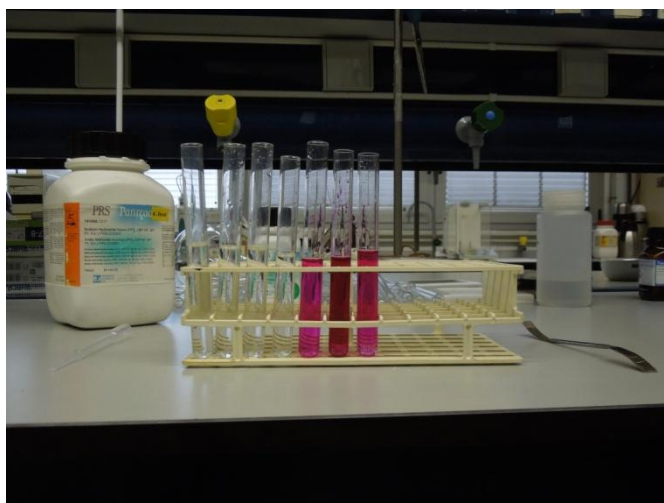


Figura 2: viratge després d'afegir-hi una gota de fenolftaleïna.

Quan ja se sap a quins pHs i concentracions corresponents es duu a terme la segona pràctica i la més important, ja que és el que s'ha volgut fer en aquest treball, fabricar la tinta invisible.

Per començar, s'agafa una concentració d'hidròxid de sodi on, en afegir-hi la gota de fenolftaleïna hagi virat (de la foto anterior, les concentracions on el solut hagi quedat rosa). Agafarem aquesta concentració i l'abocarem en un esprai. Agafarem, a ull, una mica de fenolftaleïna, la suficient per a poder escriure el missatge. Sucarem el pinzell en el vas de precipitats que contingui la fenolftaleïna i escriurem el missatge. En aquest cas i sense massa complicacions, s'escriurà la paraula *fenolftaleïna*. Es deixa assecar i, un cop sembli que al paper no hi ha res escrit, es ruixarà el paper, poc a poc i a una certa distància, amb la concentració d'hidròxid de sodi. El missatge apareixerà escrit i de color rosa. Vegem el resultat.

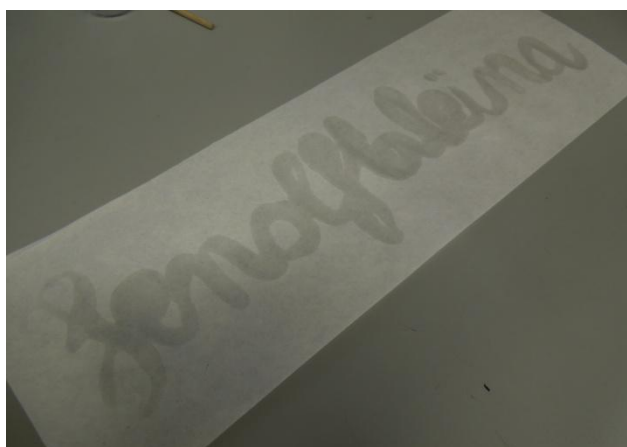


Figura 3: inici de la revelació

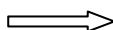


Figura 4: revelació del missatge.

CÀLCULS I TAULES

En aquesta pràctica, s'han desenvolupat una sèrie de càlculs per a poder precisar, per exemple, els grams de solut que es necessitaven a cada dissolució entre d'altres. També s'ha necessitat elaborar una taula per a poder veure més clarament la relació de la concentració de les dissolucions i el seu pH. A continuació es demostraran els càlculs i es dibuixaran les taules adequades.

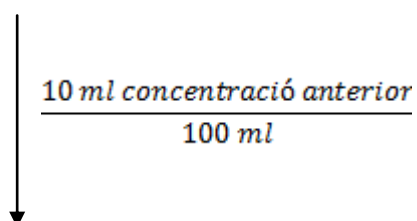
Càlcul per a determinar la quantitat d'hidròxid de sodi que presentava la primera dissolució d'hidròxid de sodi:

$$100\text{ml} \cdot \frac{1\text{L}}{1000\text{ mL}} \cdot \frac{0.1\text{ mols NaOH}}{1\text{L}} \cdot \frac{40\text{g NaOH}}{1\text{ mol NaOH}} = 0.4\text{g NaOH}$$

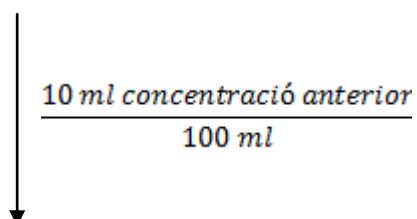
Càlcul de les dilucions preparades a partir de la primera dissolució anterior:

S'agafarà 10 ml de la primera dissolució i es diluiran en 100 ml.

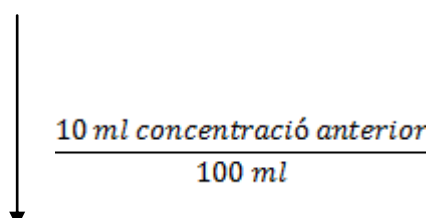
dº amb una concentració 0.1 M



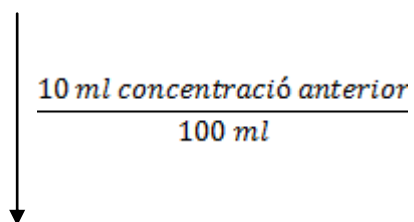
dº amb una concentració 0.01 M



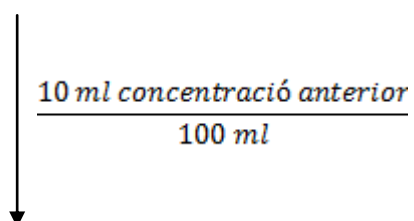
dº amb una concentració 0.001 M



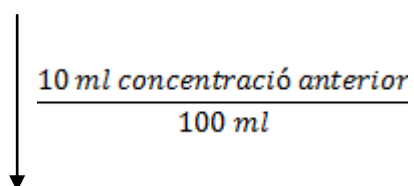
d⁰ amb una concentració 0.0001M



d⁰ amb una concentració 0.00001M



d⁰ amb una concentració 0.000001M



d⁰ amb una concentració 0.0000001M

Taula de viratge:

| Concentració NaOH | pH | Viratge |
|---------------------|-------|---------|
| 0.1M | 12.80 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-2}$ M | 12.10 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-3}$ M | 11.30 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-4}$ M | 9.70 | No vira |
| $1 \cdot 10^{-5}$ M | 8.55 | No vira |

| | | |
|-----------------------------|------|---------|
| $1 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ | 8.34 | No vira |
| $1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ | 7.90 | No vira |

CONCLUSIONS

Com a conclusió específica d'aquesta pràctica, podem dir que la pràctica ha estat una de les més senzilles que apareixen en aquest treball. És a dir, tant els càlculs com la preparació han estat bastant fàcils d'elaborar (hi ha casos en què ha estat més complicat).

Hem pogut veure que la fenolftaleïna vira en tenir un pH entre onze i tretze (sempre hi quan tenint en compte que se n'ha variat les concentracions), el valor del qual està poc aproximat en el que diuen les fonts d'informació, ja que la fenolftaleïna vira en un pH entre 8 i 10. Un altre detall molt interessant que se n'ha extret és el fet que sigui d'un color poc comú així com és el color groc, ja que en virar, la fenolftaleïna ha presentat un color rosat.

Una observació que cal esmentar, és que la dissolució de fenolftaleïna i hidròxid de sodi no és duradora, és a dir, que, en les condicions estàndard en que es troba el nostre medi, provoquen que el color i la reacció desaparegui, s'evapori. Perquè la reacció es pugui tornar a ocasionar, cal que es ruixi el paper on encara, en teoria, hi hauria d'haver el missatge escrit, i aquest, tornaria a aparèixer.

3. Pràctica 2: reacció d'àcid-base amb m-nitrofenol

MATERIAL

- 7 erlenmeyers, per poder dipositar-hi les dilucions que es van duent a terme per poder variar les concentracions.
- Un comptagotes per poder precisar millor.
- Una proveta per afegir els 10 ml de la dissolució anterior.
- 7 tubs d'assaig i la gradeta per poder col·locar-los.
- Embut alemany per poder dipositar la dissolució dins la proveta.
- Pinzell per poder escriure el missatge
- El pH metre per poder mesurar el pH de les dilucions.
- Vas de vidre per netejar el pH metre després de cada mesura.
- Paper on s'escriurà el missatge.
- Balança analítica per poder mesurar els grams de solut.
- Vidre de rellotge on s'hi dipositarà els grams de solut.
- Vareta de vidre per poder barrejar la dissolució.
- Espàtula amb què agafarem el solut i el deixarem sobre el vidre de rellotge.
- Esprai que servirà per fer aparèixer el missatge

Reactius

- Hidròxid de sodi (NaOH)
- Metanol (CH₃OH)
- M-nitrofenol (C₆H₅NO₃)



Figura 5: reactius.

OBJECTIUS

Tal com s'ha expressat a la pràctica anterior, els objectius seran dos. En el primer, serà intentar crear un missatge amagat a partir de la propietat incolora que presenta el m-nitrofenol en medi àcid, i, en canviar-li el medi, o sigui, afegint-hi una base que faci que es converteixi en un medi bàsic, s'intentarà que es pugui llegir el missatge escrit anteriorment. Per poder-ho aconseguir cal estudiar aquesta reacció, el seu interval de viratge, etc.

L'altra part, comunament amb la de la pràctica de la fenolftaleïna, servirà per demostrar aquest interval de viratge del pH, això significa que el que es farà serà variar les concentracions de la dissolució d'hidroxid de sodi per poder observar si en afegir aquesta base en l'indicador en medi àcid, aquest vira o no vira. Així que el que s'ha intentat es fer una sèrie de dilucions per canviar-ne la concentració i mesurar-ne el pH, per demostrar si aquest ha canviat i si l'm-nitrofenol canvia de color o no.

PROCEDIMENT

Primer de tot s'ha calculat els grams de solut, o sigui d' m-nitrofenol ha calgut perquè en dissoldre aquesta quantitat en 100 mil·lilitres de metanol (recordem que aquestes substàncies no són solubles en aigua), ens pugui donar una dissolució 0.1 molar. O sigui, que hi hagi 0.1 mols de solut en 1000 mil·lilitres de dissolució. Un cop calculat (els càlculs apareixeran posteriorment), s'ha agafat un vidre de rellotge i s'ha col·locat a sobre la balança analítica, s'ha tarat i amb una espàtula s'agafa tants grams de solut com s'hagin trobat als càlculs. Un cop mesurats, es dilueixen en 100 mil·lilitres de metanol que s'haurà introduït dins d'una proveta per precisar-los. Aquesta barreja la es mesclarà amb una vareta de vidre dins d'un erlenmeyer. Quan ja ho tenim tot mesclat, es marca amb un retolador permanent sobre el vidre que es tracta d'una dissolució 0.1 molar. Llavors és quan es comença a dur a terme les dilucions a partir d'aquesta primera, la 0.1 molar.

Així que agafarem una proveta i un embut alemany i, amb molt de compte, es mesuren 10 mil·lilitres de la dissolució primera i es precisarà amb un comptagotes. Un cop es tenen aquests 10 mil·lilitres, s'introdueixen en un erlenmyer, i llavors s'hi afegeix tanta aigua com calgui per arribar a aconseguir 100 mil·lilitres de dissolució, així doncs, aproximadament seran uns 90 mil·lilitres d'aigua destil·lada. Existeix un ordre per dipositar primer el que, en la nostra pràctica seria, l'hidròxid de sodi i l'aigua destil·lada. Hi ha una dita que diu que sempre s'ha d'abocar ell sobre ella, o sigui, que l'àcid anirà sobre la base, així que primer s'hi posarà la base i llavors l'àcid. En aquest cas, en tenir una base i aigua destil·lada, serà aquesta qui farà d'àcid, així que primer hi tirarem els 10 mil·lilitres d'hidròxid de sodi (ja una mica diluïts anteriorment) i llavors s'hi col·locarà l'aigua destil·lada a sobre i es barrejarà. Aquest procediment s'anirà repetint com tantes dilucions s'hagin de fer, així que en aquest cas es necessiten set mostres, per tant, s'han de fer sis dilucions a partir de la dissolució primera, la de 0.1 molar.



Figura 6: set dilucions d'hidròxid de sodi.

Quan ja es tenen els set erlenmeyers amb les concentracions adequades, se n'agafarà una, la menys concentrada i es mesurarà el pH. Per a poder dur a terme aquesta mesura, es necessita un pH-metre, un aparell que, mitjançant un elèctrode ens ajudarà a mesurar el pH de les dilucions. Abans, però, s'ha d'introduir l'elèctrode dins els tampons, els quals contenen dissolucions de pH de 7 i de 4 i ajudaran a establir l'elèctrode. Així que, quan ja es té tot preparat, s'agafa la dissolució menys concentrada i es col·loca l'elèctrode dins de l'erlenmeyer i es prem el botó que té les lletres "pH". S'espera a que el pH-metre

mesuri el pH de la dissolució el més ajustat possible. Un cop s'obté el resultat, es neteja l'elèctrode amb aigua destil·lada i s'introdueix, altre cop, l'elèctrode net a la següent dilució. Es va repetint el mateix procés per a cada dilució.

Quan ja es tenen tots els pHs calculats, s'agafen tants tubs d'assaig com dilucions es tinguin, en aquest cas set tubs d'assaig i s'hi col·loquen 10 mil·lilitres de cada solució preparada. Un cop hi ha tots els tubs d'assaig amb la mateixa quantitat de solució, s'afegeix a cada tub d'assaig tres gotes de m-nitrofenol.



Figura 7: moment en què s'anava a afegir l'indicador

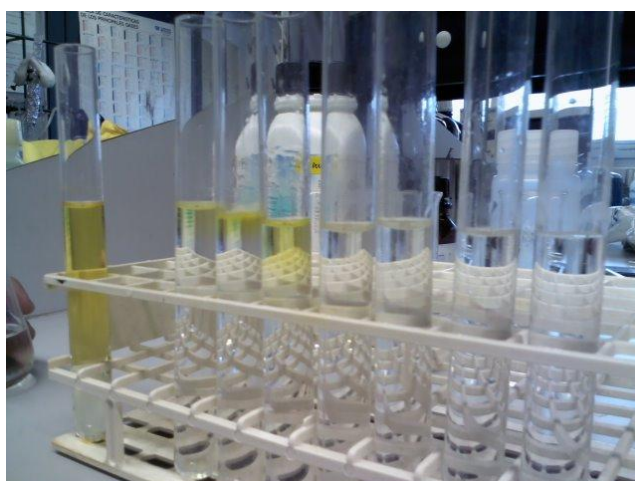


Figura 8: totes les dissolucions ja han virat.



Figura 9: l'indicador ja s'ha tirat. Moment del viratge.

La segona part de la pràctica consisteix en preparar una dissolució de m-nitrofenol i metanol, però s'ha de tenir en compte que se n'ha de preparar una amb una concentració que, en l'apartat anterior ens hagi virat. Així que en aquesta pràctica s'ha aprofitat la dissolució amb una concentració d'hidròxid de sodi (NaOH) d'un 0.1 molar, i el seu pH respectiu de 12.57.

Així doncs, s'agafa l'erlenmeyer que tenia aquesta concentració i s'hi afegeix una mica d'aquesta en un esprai. Per altra banda, s'agafa un vas de precipitats i s'hi aboca una mica de la dissolució del m-nitrofenol que es va fer amb metanol. Un cop es té el vas de precipitats preparat, es retalla un tros de paper de filtre i es prepara el pinzell amb el qual s'escriurà. Es suca el pinzell en la dissolució de m-nitrofenol i metanol i s'escriu el missatge que es vol donar a conèixer. Un cop escrit, s'ha d'esperar perquè aquest s'assequi.

Quan ja ha passat una estona, s'agafa l'esprai i es va ruixant, a una certa distància del paper (a les fotografies posteriors, es veu com es va ruixar de massa a prop i el missatge no és del tot apreciable). Poc a poc, el missatge va apareixent. Ja s'ha corroborat una segona manera de creació de tinta invisible.



Figura 10: inici de la revelació.

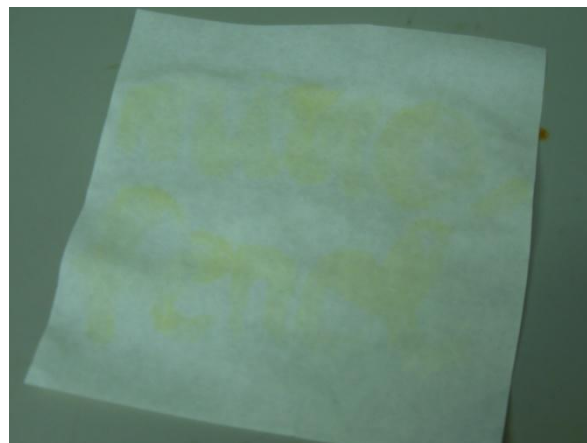
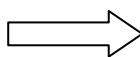


Figura 11: revelació del missatge.

CÀLCULS

Per poder dur a terme la primera dissolució de la qual en sorgeixen les altres i de la qual partim durant tota la pràctica, s'han hagut de realitzar una sèrie de càlculs que es presenten a continuació, així com la taula de viratge, concentracions i pHs.

$$100\text{ml} \cdot \frac{1\text{L}}{1000\text{ mL}} \cdot \frac{0.1\text{ mols NaOH}}{1\text{L}} \cdot \frac{40\text{g NaOH}}{1\text{ mol NaOH}} = 0.4\text{g NaOH}$$

Càlcul de les dilucions a partir de la dissolució calculada anteriorment:

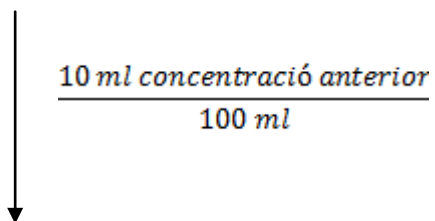
d⁰ amb una concentració 0.1 M

$$\downarrow \frac{10\text{ ml concentració anterior}}{100\text{ ml}}$$

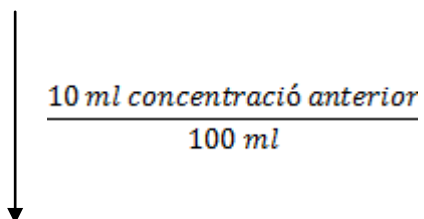
d⁰ amb una concentració 0.01 M

$$\downarrow \frac{10\text{ ml concentració anterior}}{100\text{ ml}}$$

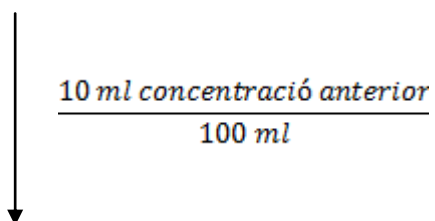
d⁰ amb una concentració 0.001 M



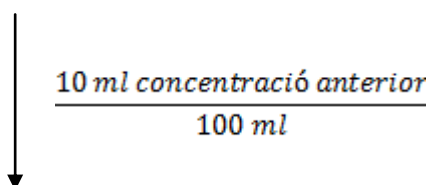
d⁰ amb una concentració 0.0001M



d⁰ amb una concentració 0.00001M



d⁰ amb una concentració 0.000001M



d⁰ amb una concentració 0.0000001M

Taula de viratge:

| Concentració NaOH | Ph | Viratge |
|----------------------|-------|---------|
| 0.1M | 12.57 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-2}$ M | 11.78 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-3}$ M | 10.71 | Vira |
| $1 \cdot 10^{-4}$ M | 9.30 | No vira |
| $1 \cdot 10^{-5}$ M | 7.15 | No vira |
| $1 \cdot 10^{-6}$ M | 6.55 | No vira |
| $1 \cdot 10^{-7}$ M | 5.89 | No vira |

CONCLUSIONS

En aquesta pràctica cal esmentar que primerament, no es volia utilitzar aquest indicador, sinó que s'era partidari d'utilitzar el paranitrofenol. En buscar aquest compost al laboratori, va resultar que no hi era, així que es va estudiar les propietats i es va veure que l'indicador que s'ha utilitzat, finalment, en aquesta pràctica, presentava gairebé les mateixes propietats.

Així doncs, aquesta pràctica s'ha realitzat igual que la pràctica anterior, ja que les dues estan fetes a base d'indicadors que provoquen una reacció d'àcid-base. Cal retreure que aquesta pràctica ha estat més complicada que la primera, no pel fet que els càlculs o les preparacions fossin més complicades, sinó pel fet de que el color de viratge es tractava d'un groc molt pàl·lid i s'ha tingut problemes a l'hora d'observar si virava o no. Aquest detall ha quedat reflectit, també, a la segona part de la pràctica, és a dir, a l'hora d'escriure, ja que al ser un color feble, en ruixar el

missatge no ha aparegut del tot i no es pot distingir el missatge tal i com havia passat amb la fenolftaleïna.

4. Pràctica 3: reacció de precipitació

MATERIAL

- Vidre de rellotge per abocar-hi el solut i poder-lo mesurar.
- Espàtula per a agafar el solut i deixar-lo al vidre de rellotge.
- Balança analítica on es mesura el solut.
- Vas de precipitats de 250 ml.
- Proveta de 100 ml.
- Quatre erlenmeyers per a fer les dissolucions.
- Una gradeta per col·locar els tubs d'assaig.
- Quatre comptagotes diferents per a cada dissolució.
- Quatre tubs d'assaig per a les quatre dissolucions.
- Una vareta de vidre per a remenar les dissolucions.

Compostos químics

- Iodur de potassi (KI)
- Nitrat de plom (II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)

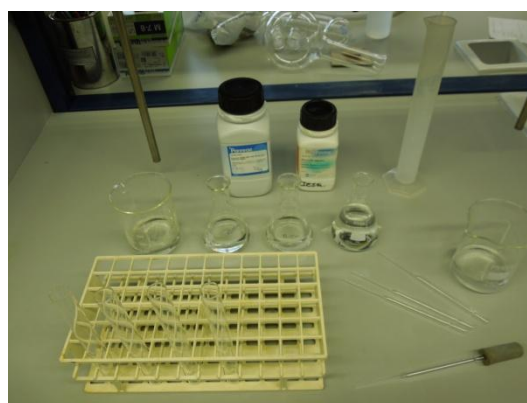


Figura 12: preparació del material per a la pràctica.

OBJECTIU

Com a cada pràctica, l'objectiu principal serà intentar realitzar una reacció química, en aquest cas, de precipitació i, un cop vista si realment s'ha produït o no, s'aprofitarà la reacció per a una fabricació de tinta invisible. Així doncs, primerament, es farà una reacció de precipitació mitjançant iodur de potassi i nitrat de plom i, a partir d'aquesta, s'escriurà un missatge amagat i s'intentarà revelar.

La segona part i també comuna a totes les pràctiques d'aquest treball, serà intentar aprofundir més en la reacció de precipitació, és a dir, també en variarem la concentració d'un dels dos components de la dissolució final per a comprovar si aquesta es durà a terme o no, per així poder comprovar si l'eficàcia de la reacció depèn de la concentració dels seus components.

PROCEDIMENT

Primer de tot, es prepara una dissolució de iodur de potassi (KI) a partir de la idea que, la concentració d'aquesta dissolució ha de ser 0.5 molar. Així doncs, un cop fet els càlculs, aquests diuen que es necessiten 8.31 grams de iodur de potassi, els quals es mesuraran a la balança analítica posant el solut sobre un vidre de rellotge amb una espàtula. Quan es tenen els grams necessaris, s'introdueixen en un vas de precipitats i es dilueixen en cent mil·lilitres d'aigua destil·lada.

Un cop ja es té la primera dissolució preparada, es fa el mateix amb el nitrat de plom, és a dir, en prepararem una dissolució 0.5 molar però, a diferència del primer, es dissoldrà en cinquanta mil·lilitres d'aigua i no en cent. Així doncs, necessitarem 8.275 grams de nitrat de plom dissolts en 50 ml d'aigua destil·lada.

Com ja s'ha esmentat abans, hi ha un dels dos components que es mantindrà constant, el qual serà el nitrat de plom. Així que, a partir de la primera dissolució que s'ha fet de iodur de plom, es faran tres assaigs més, variant la seva concentració.

En el primer assaig, s'introdueix la primera dissolució de iodur de potassi 0.5 molar en un erlenmeyer. Al segon, s'agafen cinquanta mil·lilitres de la dissolució anterior i es dissolen en cinquanta mil·lilitres d'aigua destil·lada, i així, s'obté una dissolució 0.25 molar de iodur de potassi. En el tercer, es fa el mateix procés. Es dilueixen cinquanta mil·lilitres de la segona dissolució en cinquanta mil·lilitres d'aigua destil·lada per obtenir una concentració 0.125 molar. I es repeteix el mateix procediment en el quart assaig per aconseguir una dissolució 0.0625 molar.

Un cop es tenen els quatre assajos fets, cal afegir una petita quantitat de deu mil·lilitres d'aquestes en quatre tubs d'assaig per a poder determinar a partir de quina concentració de iodur de potassi es duu a terme la reacció.

Quan ja hi ha la mateixa quantitat de dissolució en els quatre tubs d'assaig, s'afageix, a cadascun, tres gotes de nitrat de plom. Així es pot observar quina concentració de iodur de potassi necessita el nitrat de plom per a poder precipitar.

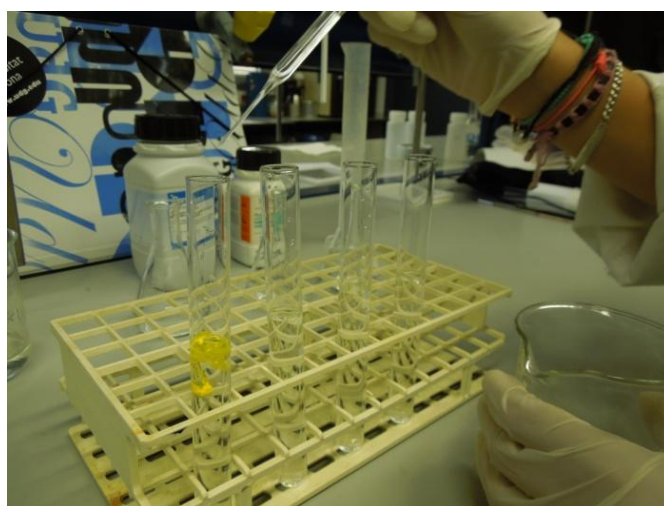


Figura 13: es va afegint nitrat de plom a les dissolucions.

Així doncs, mirant les fotografies, podem observar que el nitrat de plom precipita en els quatre casos. Així que, per a dur a terme la segona part de la pràctica, la qual es basa en intentar fabricar tinta invisible a partir d'aquesta reacció de precipitat, es podrà dur a terme a partir de qualsevol de les quatre concentracions preparades, però es fabricarà partint de la primera dissolució 0.5 molar de iodur de potassi, ja que és la que ha precipitat amb més quantitat.

Per a començar, agafarem l'erlenmeyer marcat amb una concentració 0.5 molar de iodur de potassi i, amb un pinzell, s'escriu el missatge amagat, en aquest cas, s'ha escrit, sobre un paper de filtre, la fórmula del nitrat de plom: $Pb(NO_3)_2$. Un cop s'ha assecat, es ruixarà el paper amb el nitrat de plom i el missatge, escrit anteriorment amb iodur de potassi, apareixerà ràpidament.

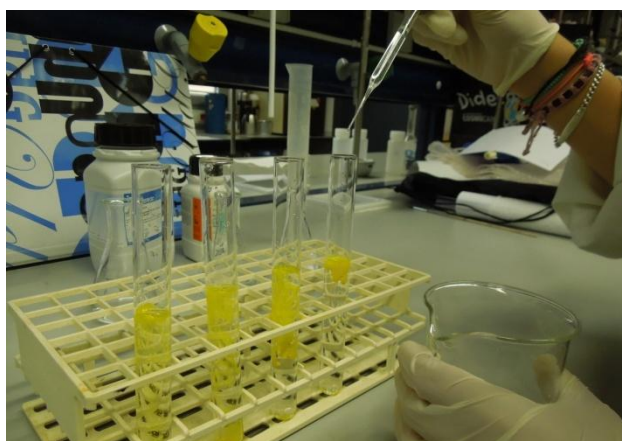


Figura 14: el nitrat de plom precipita en els quatre casos.

NOTA: Per facilitar el procediment de revelació del missatge, s'ha introduït la dissolució de nitrat de plom en un esprai i s'ha ruixat amb aquesta. S'ha hagut de ruixar sota la campana degut a que és un compost tòxic.



Figura 15: s'escriu el missatge amb iodur de potassi.

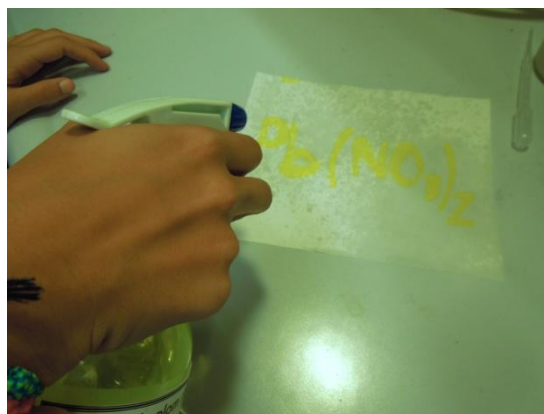
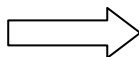


Figura 16: el missatge és revelat quan es ruixa amb nitrat de plom.

CÀLCULS

Per a calcular els grams que es necessitaven per a preparar la dissolució de iodur de potassi 0.5 molar i per a la dissolució de nitrat de plom, s'han seguit un parell de processos:

$$100 \text{ ml d}^{\circ} \cdot \frac{1 \text{ L d}^{\circ}}{1000 \text{ ml d}^{\circ}} \cdot \frac{0.5 \text{ mols KI}}{1 \text{ L d}^{\circ}} \cdot \frac{166 \text{ g KI}}{1 \text{ mol KI}} = 8.3 \text{ grams KI}$$

$$50 \text{ ml d}^{\circ} \cdot \frac{1 \text{ L d}^{\circ}}{1000 \text{ ml d}^{\circ}} \cdot \frac{0.5 \text{ mols Pb(NO}_3)_2}{1 \text{ L d}^{\circ}} \cdot \frac{331 \text{ g Pb(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Pb(NO}_3)_2} \\ = 8.275 \text{ grams Pb(NO}_3)_2$$

Tot seguit es presenten els càlculs utilitzats per a l'obtenció dels assaigs:

PRIMER ASSAIG

Concentració KI → 0.5 M

Concentració Pb (NO₃)₂ → 0.5 M



S'agafen 50 ml de la primera dissolució de KI i es dissolen en 100 ml d'aigua, així s'obtindrà una dissolució amb una concentració reduïda a la meitat.

SEGON ASSAIG

Concentració KI → 0.25 M

Concentració Pb (NO₃)₂ → 0.5 M



S'agafen 50 ml de la segona dissolució de KI i es dissolen en 100 ml d'aigua, així s'obtindrà una dissolució amb una concentració reduïda a la meitat.

TERCER ASSAIG

Concentració KI → 0.125 M

Concentració Pb (NO₃)₂ → 0.5 M



S'agafen 50 ml de la tercera dissolució de KI i es dissolen en 100 ml d'aigua, així s'obtindrà una dissolució amb una concentració reduïda a la meitat.

QUART ASSAIG

Concentració KI → 0.0625 M

Concentració Pb (NO₃)₂ → 0.5 M

CONCLUSIONS

Com a petita conclusió a partir de la pràctica realitzada, es pot dir que el color groc de la reacció de precipitació és molt més viu que el color de les pràctiques realitzades anteriorment.

També, a la segona part de la pràctica, s'ha vist que per a molt que canviem un dels dos compostos que duen a terme la reacció, el precipitat es continua formant igualment, així doncs, encara que s'hagin pres valors de concentracions bastant baixos, la reacció de precipitació es duu a terme, per tant, la concentració de iodur de potassi no afecta massa a la producció del precipitat.

5. Pràctica 4: reacció de complexació

MATERIAL

- Vidre de rellotge per abocar-hi el solut i poder-lo mesurar.
- Espàtula per a agafar el solut i deixar-lo al vidre de rellotge.
- Balança analítica on es mesura el solut.
- Vas de precipitats de 250 ml.
- Proveta de 100 ml.
- Quatre erlenmeyers per a fer les dissolucions.
- Una gradeta per col·locar els tubs d'assaig.
- Quatre comptagotes diferents per a cada dissolució.
- Quatre tubs d'assaig per a les quatre dissolucions.
- Una vareta de vidre per a remenar les dissolucions.

Compostos químics

- Nitrat de ferro (III) ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$)
- Hexacianoferrat (II) de potassi ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$)

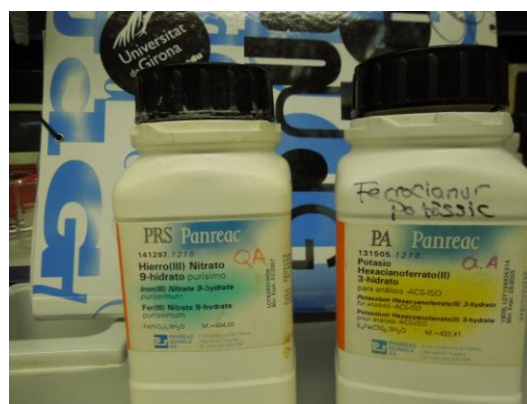


Figura 17: compostos químics

OBJECTIU

Com a cada pràctica, l'objectiu principal serà intentar realitzar una reacció química, en aquest cas, de precipitació i, un cop vista si realment s'ha produït o no, s'aprofitarà la reacció per a una fabricació de tinta invisible. Així doncs, primerament, es farà una reacció de precipitació mitjançant iodur de potassi i nitrat de plom i, a partir d'aquesta, s'escriurà un missatge amagat i s'intentarà revelar.

La segona part i també comuna a totes les pràctiques d'aquest treball, serà intentar aprofundir més en la reacció de precipitació, és a dir, també en variarem la concentració d'un dels dos components de la dissolució final per a comprovar si aquesta es durà a terme o no, per així poder comprovar si l'eficàcia de la reacció depèn de la concentració dels seus components.

PROCEDIMENT

Primer de tot, es prepara una dissolució de nitrat de ferro (II) ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$) a partir de la idea d'una concentració d'aquesta dissolució ha de ser 0.5 molar. Però un cop s'han obtingut els càlculs, s'ha observat que el resultat dels grams era massa elevat (40.4 grams) així que s'ha decidit canviar la concentració i calcular els grams novament a partir d'una concentració 0.05 molar. Un cop s'han realitzat els càlculs de nou i s'ha trobat que es necessiten 4.04 grams, s'agafa el vidre de rellotge i es col·loca cuidadosament sobre la balança analítica que, un cop tarada, s'hi afegeixen els 4.04 grams de nitrat de ferro amb l'ajuda d'una espàtula. Quan ja s'ha fet tot aquest procés, es dilueixen els grams amb 200 ml d'aigua dins d'un vas de precipitats barrejant-ho, poc a poc, amb la vareta de vidre.

Un cop ja es té la primera dissolució preparada, es fa exactament el mateix amb l'hexacianoferrat (II) de potassi, és a dir, en prepararem una dissolució 0.05 molar però, a diferència del primer, es dissoldrà en cent mil·lilitres d'aigua i no en dos-cents. Així doncs, necessitarem 2.112 grams de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ dissolts en 100 ml d'aigua destil·lada.

Com ja s'ha esmentat abans, hi ha un dels dos components que es mantindrà constant, el qual serà el nitrat de ferro. Així que, a partir de la primera dissolució que s'ha fet de hexacianoferrat (II) de potassi, es faran tres assaigs més, variant la seva concentració.

En el primer assaig, s'introdueix la primera dissolució 0.05 molar ($5 \cdot 10^{-2}$ M) en un erlenmeyer. Al segon, s'agafen deu mil·lilitres de la dissolució anterior i es dissolen en cent mil·lilitres d'aigua destil·lada, i així, s'obté una dissolució 0.005 molar ($5 \cdot 10^{-3}$ M) de $K_4Fe(CN)_6$. En el tercer, es fa el mateix procés. Es dilueixen deu mil·lilitres de la segona dissolució en cent mil·lilitres d'aigua destil·lada per obtenir una concentració 0.0005 molar ($5 \cdot 10^{-4}$ M). I es repeteix el mateix procediment en el quart assaig per aconseguir una dissolució 0.00005 molar ($5 \cdot 10^{-5}$ M).

Un cop es tenen els quatre assajos fets, cal afegir una petita quantitat de deu mil·lilitres d'aquestes en quatre tubs d'assaig per a poder determinar a partir de quina concentració de $K_4Fe(CN)_6$ es duu a terme la reacció.

Quan ja hi ha la mateixa quantitat de dissolució en els quatre tubs d'assaig, s'afageix, a cadascun, tres gotes de nitrat de ferro. Així es pot observar quina concentració de $K_4Fe(CN)_6$ necessita el nitrat de ferro perquè la reacció de complexació es dugui a terme.



Figura 18: la reacció de complexació es va duent a terme.

A la fotografia anterior es pot veure clarament que la reacció de complexació es duu a terme en els tres tubs d'assaig primers, és a dir, a les tres concentracions més elevades que s'han elaborat però existeix una concentració més baixa, més concretament la de $5 \cdot 10^{-5}$ molar en que la reacció, en les mateixes condicions que les altres, no es duu a terme.

Així doncs, per a la segona part de la pràctica, en la qual s'ha de fabricar un missatge invisible que seguidament es farà visible, s'haurà d'agafar una dissolució de $K_4Fe(CN)_6$ que s'ha elaborat anteriorment i que tingui un valor de concentració en que la reacció es dugui a terme, ja que si s'agafa la concentració més baixa i la que s'ha vist que la reacció no sorgia, en escriure un missatge amagat i en ruixar-ho amb nitrat de ferro, aquest no es revelaria.

Així que, per assegurar s'agafa la concentració mare, aquella que té el valor més gran i de la qual han sorgit les altres, ja que se sap segur que la reacció es duu a terme i s'hi suca el pinzell per a poder escriure, en un paper de filtre, el missatge amagat. Un cop s'ha fet i s'ha assecat del tot, s'agafa la dissolució de nitrat de ferro i es ruixa el paper. Conseqüentment el missatge es revela.

NOTA: aquesta vegada cal escriure i revelar el missatge sota la campana, ja que els dos components utilitzats són tòxics.



Figura 19: s'escriu el missatge amagat

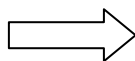


Figura 20: el missatge ha estat revelat.

CÀLCULS

Per a calcular els grams que es necessitaven per a preparar la dissolució nitrat de ferro 0.5 molar s'ha seguit aquest càlcul:

$$200 \text{ ml} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{0.5 \text{ mols}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{404 \text{ grams}}{1 \text{ mol}} = 40.4 \text{ grams}$$

En veure que la quantitat de grams resultant era un valor excessiu, es va canviar la concentració que es volia:

$$200 \text{ ml} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{0.05 \text{ mols}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{404 \text{ grams}}{1 \text{ mol}} = 4.04 \text{ grams}$$

Per a calcular els grams necessaris de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ es va seguir el càlcul següent:

$$100 \text{ ml} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{0.05 \text{ mols}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{422.41 \text{ grams}}{1 \text{ mol}} = 2.112 \text{ grams}$$

Per a dur a terme els assajos, es va seguir l'esquema següent:

PRIMER ASSAIG

Concentració $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 0.05 \text{ M}$

Concentració $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 0.05 \text{ M}$



S'agafen 10 ml de la primera dissolució de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ i es dissolen en 100 ml d'aigua.

SEGON ASSAIG

Concentració $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 0.05 \text{ M}$

Concentració $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$



S'agafen 10 ml de la primera dissolució de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ i es dissolen en 100 ml d'aigua.

TERCER ASSAIG

Concentració $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 0.05 \text{ M}$

Concentració $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$



S'agafen 10 ml de la primera dissolució de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ i es dissolen en 100 ml d'aigua.

QUART ASSAIG

Concentració $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 0.05 \text{ M}$

Concentració $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

CONCLUSIONS

Fent referència a l'escriptura del missatge, es pot dir que ha estat molt fàcil de revelar el missatge, és a dir, que no hi ha hagut problemes a l'hora d'interpretar el missatge escrit.

Ha estat molt interessant poder trobar un punt on la reacció no es dugui a terme, és a dir, que a partir de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ s'obtingui $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$.

6. Pràctica 5: fluorescència amb fluoresceïna i quinina

A diferència de les altres quatre pràctiques elaborades, aquesta i la que vindrà posteriorment són dues pràctiques diferents. Aquesta, doncs, no es basarà en trobar a partir de quina concentració es duu a terme la reacció, sinó que només es mirarà si el missatge escrit es revelarà o no, però també a diferència de les altres, no s'afegirà un compost que farà reaccionar al que està escrit en el paper, sinó que, com s'ha esmentat anteriorment, la fluoresceïna i la quinina es poden revelar en presència de llum ultraviolada.

MATERIAL

- Espàtula per a agafar el solut i deixar-lo en un erlenmeyer.
- Proveta de 10 ml.
- Dos erlenmeyers per a fer les dissolucions.
- Una vareta de vidre per a remenar les dissolucions.
- Pinzell per a poder escriure el missatge.
- Paper on s'escriu el missatge.
- Cambra de llum ultraviolada.

Compostos químics

- Fluoresceïna ($C_{20}H_{12}O_5$)
- Quinina: extreta directament d'una beguda tònica.



Figura 21: fluoresceïna i la seva dissolució en presència de llum ultraviolada.



Figura 22: quinina i la seva dissolució en presència de llum ultraviolada.

OBJECTIU

L'objectiu principal és verificar si els dos components escollits, la fluoresceïna i la quinina, realment es revelen sota la influència de llum ultraviolada.

S'ha escollit la fluoresceïna ja que és el component estrella de la fluorescència, i també s'ha triat la quinina ja que és present en begudes com la tònica.

PROCEDIMENT

Primer de tot, s'agafa una petita quantitat de fluoresceïna amb una espàtula (no cal establir una quantitat determinada de solut) i es dilueix en deu mil·lilitres d'aigua destil·lada. Un cop es té la dissolució es barreja cuidadosament fins que la fluoresceïna es dissolgui. Aquesta però, té un inconvenient pel que fa el que s'ha volgut demostrar aquest treball, és a dir, que l'objectiu principal d'aquest treball és fabricar tinta invisible utilitzant la química, però la fluoresceïna, en dissoldre's en aigua no és igual a tots els altres compostos utilitzats fins ara, sinó que no és incolor i presenta un color groguenc, així que el missatge és completament visible, ara bé, presenta la mateixa estructura que altres components incolors que, en presència de llum ultraviolada es tornen visibles.

Amb la quinina, es fa una mica diferent, en ser present en les tòniques, s'ha agafat una tònica i s'hi ha abocat uns deu mil·lilitres en un erlenmeyer.

Així doncs, s'han agafat les dues dissolucions i s'ha escrit un missatge amb cadascuna en un mateix paper.



Figura 23: escriptura del missatge

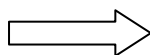


Figura 24: el missatge revelat sota la influència de llum ultraviolada.

En les dues fotografies anteriors, es pot comprovar que, en escriure amb les dues dissolucions, n'hi ha una que es revela clarament, la fluoresceïna, en canvi el missatge escrit amb quinina costa molt d'apreciar.

CÀLCULS

En aquesta pràctica no hi ha presència de càlculs ja que s'ha fet tot de forma qualitativa.

CONCLUSIONS

Tal com s'ha esmentat anteriorment, s'ha pogut observar que, la fluoresceïna és un compost clarament revelable sota la influència de llum ultraviolada, en canvi, la quinina, en fer la seva dissolució sí que s'ha pogut observar que també presenta fluorescència, però a l'hora de d'escriure i revelar un missatge, no és gaire eficaç.

7. Pràctica 6: recuperació d'una recepta antiga

Aquesta pràctica també presenta diferències en comparació amb les quatre primeres, és a dir, que no segueix la mateixa estructura.

En aquesta, doncs, s'intentarà reproduir una manera de fabricació de tinta invisible que s'utilitzava antigament, on en les cartes apareixia un missatge amagat sota un missatge totalment visible que, en passar-hi un compost que faria de revelador apareixeria el missatge amagat tot difuminant el missatge enganyós.

MATERIAL

- Vas de precipitats de 250 ml per a les dissolucions.
- Balança analítica per a mesurar el solut.
- Espàtula per agafar bé el solut.
- Vidre de rellotge per contenir el solut.
- Vareta de vidre per barrejar les dissolucions.
- Cotó per esborrar el missatge enganyós.
- Pinzell per a escriure els missatges.

- Paper on s'escriuran els missatges.

Compostos químics

- Carbó actiu
- Etanol (C_2H_5OH)
- Nitrat de plom ($Pb(NO_3)_2$)
- Sulfur de sodi (Na_2S)

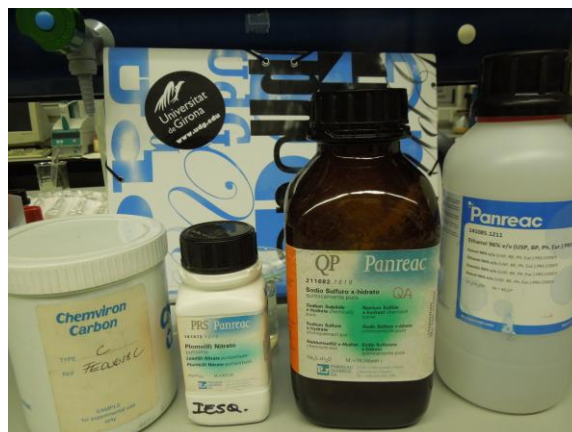


Figura 25: compostos químics.

OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquesta pràctica és recuperar una recepta antiga (d'uns dos-cents anys d'antiguitat) d'escriptura amagada i poder interpretar els seus components antics i relacionar-los amb components actuals, substituir-los i tornar-la a fer amb aquests components actuals. Així doncs, la recepta antiga s'ha interpretat de la següent manera:

Licor que fa aparèixer i desaparèixer

Antigament es tractava de fer pols d'oprimint i calç, afegir-hi aigua i deixar-ho en un metràs tapat en calor tou. Un cop passen dotze hores, es recull un licor clar i pudent.

La interpretació feta és que l'oprimint es tractava d'un sulfur d'arseni que reaccionava amb la calç per donar lloc a un sulfur de calci. Així doncs, en aquesta pràctica s'ha utilitzat sulfur de sodi, que també fa pudor degut al sulfur d'hidrogen que allibera, que és altament tòxic.

Tinta visible

La recepta aclareix que s'ha de carbonitzar suro apagat en aigua ardent, es mòlt el suro cremat i es desfà en aigua i goma aràbiga. El que s'intentava doncs, era crear tinta negra formada per carbó, una aproximació del que és la tinta negra de fum (esmentada anteriorment).

Per a la fabricació d'aquesta tinta, s'ha elaborat una suspensió de carbó actiu en etanol.

Tinta invisible

La recepta antiga proposa que en un matràs s'hi introdueixi litargiri i es cobreixi amb vinagre destil·lat fins que el licor es torni dolç. Quan aquest es torni dolç, es filtra i s'obté un líquid gairebé transparent. El litargiri, doncs, es tracta d'un òxid de plom que en calent reacciona amb el vinagre (àcid acètic) per donar acetat de plom.

Així que a la pràctica s'ha utilitzat nitrat de plom dissolt en aigua.

PROCEDIMENT

Primer de tot, es vol escriure el missatge amagat amb nitrat de plom, així que es prepara, a partir de 100 ml i una concentració 0.5 molar, una dissolució que contindrà 16.56 grams de nitrat de plom. Un cop aquest resultat, s'ha vist que 16.56 grams de nitrat de plom eren excessius, així que es prepara una dissolució 0.05 molar.

Un cop es tenen els càlculs fixats, amb l'ajuda d'una espàtula i un vidre de rellotge es calculen aquests 1.656 grams que es necessiten i es dissolen en 100 ml d'aigua dins d'un vas de precipitats. Amb aquesta dissolució es pot escriure en un paper de filtre el missatge amagat.

Quan aquest ja s'ha assecat, es prepara la dissolució amb la qual s'escriurà el missatge enganyós. Així que s'agafa a ull, una mica de carbó actiu i, a ull també, es dissol en una mica d'etanol. Es barreja cuidadosament i s'escriu amb un pinzell nou, sobre el missatge amagat.

Un cop el segon s'ha assecat, s'ha de preparar el revelador del primer missatge. Simplement s'aboca, a ull, una mica de sulfur de sodi sobre un vidre de rellotge i, amb l'ajuda d'un cotó, es va escampant per tot el paper. Amb això, el missatge enganyós es va difuminant i el missatge amagat es va revelant.

NOTA: cal revelar el missatge sota la campana ja que el sulfur de sodi és altament tòxic degut al sulfur d'hidrogen que allibera.



Figura 26: s'escriu en el paper amb nitrat de plom.



Figura 27: escrivim amb carbó actiu el missatge enganyós.



Figura 28: el missatge amagat s'ha revelat.

CÀLCULS

Per a la quantitat de solut que es necessita per a la dissolució de nitrat de plom s'ha elaborat el següent càlcul:

$$100 \text{ ml} \cdot \frac{1 \text{ L}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{0.5 \text{ mols}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{331.20 \text{ grams}}{1 \text{ mol}} = 16.56 \text{ grams}$$

En veure que era una quantitat excessiva es van dur a terme els següents càlculs:

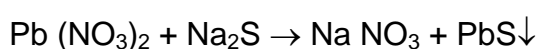
$$100 \text{ ml} \cdot \frac{1 \text{ L}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{0.05 \text{ mols}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{331.20 \text{ grams}}{1 \text{ mol}} = 1.656 \text{ grams}$$

La suspensió en carbó actiu i etanol s'ha fet a ull per tant no requereix cap mena de càlcul.

CONCLUSIONS

Com a conclusió final, es pot dir que s'ha assolit el principal objectiu, poder elaborar una recepta antiga amb la substitució dels seus components per a altres d'actuals, sense variar massa la seva composició i estructura.

Si s'escriu tota la reacció que es duu a terme en aquest procés, es pot observar que es tracta d'un procés de precipitació, ja que el nitrat de plom reacciona amb el sulfur de sodi i es formen dos compostos diferents: el sulfur de plom (II) i el nitrat de sodi, en els quals, el sulfur de plom és el compost que precipita degut a la seva insolubilitat.



Conclusions

Tal com es va indicar i explicar a la introducció d'aquest treball, l'objectiu principal ha estat conèixer i aprendre diferents maneres de fabricació de tinta invisible a partir de reaccions químiques, és a dir, una combinació de tinta invisible (màgia) i reaccions químiques (química), dos conceptes entre parèntesi molt significatius per a mi. Des d'aquest punt de vista, podríem dir, doncs, que l'objectiu principal s'ha assolit correctament.

Al llarg d'aquest any, he pogut aprendre i aprofundir molt en tant els coneixements de química. Amb això vull dir que he pogut repassar i tornar a agafar conceptes que, en teoria, ja sabia però que havien quedat totalment oblidats, com que eren les reaccions de precipitació, les reaccions àcid-base, entre d'altres, i ampliar el meu coneixement químic com per exemple, la història i el pas del concepte àcid-base per tots els científics com Lewis, Arrhenius, etc. Cal destacar que tot aquest munt d'informació nova ha estat una situació bona i dolenta alhora. Bona perquè, com ja he esmentat abans, he tornat a refrescar tot allò aparcat i aprofundit més en molts conceptes que aniran apareixent al llarg d'aquest segon de batxillerat, i dolenta perquè ha estat difícil poder entendre molts conceptes i sobretot, difícil entendre perquè es duen a terme unes certes reaccions químiques, és a dir, el perquè de l'aparició de la tinta quan hi afegia un compost nou. Però ara, un cop ho he entès, m'ha semblat una cosa fascinant, però que espero complementar, com ja he dit abans, aquest darrer any.

Continuant amb el tema més pràctic, no he acabat assolint aquella idea que tenia plantejada anteriorment. Quan vaig voler començar el treball, una de les coses que tenia en ment, era poder modificar moltes de les propietats i variables que influïen en les reaccions i descobrir i determinar si la reacció es modificava o quedava afectada, però després de molta recerca, he pogut entendre que és molt difícil poder canviar les variables que influeixen en les reaccions. Amb les propietats és diferent, les reaccions no tenen propietats, és una paraula molt relativa, així que es va decidir que, en la majoria de pràctiques se'n variaria la concentració, un fet que si que sol influir en les reaccions, ja que, per exemple, en el cas de la reacció de complexació no passava el mateix amb una concentració que amb una altra molt més reduïda.

Un altre fet que no m'esperava era la gran diferència que existeix entre els dos tipus diferents de tinta invisible que existeixen. Normalment, la gent no coneix la definició de tinta simpàtica, és més, ni es coneix, en canvi, el mètode de fabricació de tinta invisible feta a partir de fluids orgànics sí que es té més en compte tot i que no tenen res a veure, estèticament, amb les tintes simpàtiques.

Ha estat molt interessant haver trobat quins tipus de tinta simpàtica hi havia, és a dir, com i quines reaccions a simple vista eren incolores i en presència d'un altre compost podia aparèixer el missatge escrit anteriorment en molts colors com blau, groc, verd i vermell.

M'ha sorprès haver pogut realitzar l'última pràctica. Quan vaig començar aquest projecte, vaig pensar que això que demanava, poder recuperar una recepta antiga d'escriptura invisible i poder-la fabricar a partir de compostos més actuals, seria impossible. Amb molta ajuda i recerca, he pogut trobar-ne alguna, interpretar-la i tornar-la a fer amb compostos comuns d'un laboratori.

Amb el que he tingut més dificultats ha estat, clarament, amb la part teòrica que parla sobre la tinta. La part de la tinta invisible ha estat més fàcil, ja que hi ha gent que, abans que jo, s'ha interessat per la història i per com va sorgir, però amb la tinta no ha estat tan fàcil. En veure que no hi havia maneres de poder trobar cap pàgina web que parlés sobre la tinta, ni trobar cap mena de llibre que ho mig esmentés, em vaig posar en contacte amb un professor de literatura catalana medieval i d'escriptura, Xavier Renedo qui es va interessar molt pel meu treball i em va ajudar. Vam anar a buscar llibres a la biblioteca i no en vam trobar cap i les pàgines web també eren realment escasses. Em va recomanar que enfoqués més el treball a la tinta invisible i no tant a la tinta en general, perquè existeix molt poca informació sobre la tinta avui en dia, ja que no era cosa que interessés massa als escriptors ni als historiadors, sinó que el que realment interessava era el material i paper que utilitzaven i el tipus d'alfabet amb què escrivien. Per acabar, va informar a un parell de cal·lígrafs amics seus, els quals, van contestar, amb amabilitat tots aquells dubtes que tenia sobre les tintes i em van explicar, detalladament què utilitzaven ells per a fabricar-se la seva pròpia tinta.

Per acabar, m'agradaria destacar la sort que he tingut en poder accedir als laboratoris de química de la Universitat de Girona, ja que sense aquests, no

hagués pogut dur a terme el treball, degut als productes específics i el material que es necessitava per a poder-lo fer. Ha estat de molta ajuda.

1. Agraïments

M'agradaria agrair, principalment, al sr. Professor de química inorgànica Josep Duran i al sr. Josep Anton Vieta per a la facilitació de tot el treball en general. Per tot el temps dedicat des de l'estiu fins a dia d'avui al meu treball, des de l'estructura que aquest presenta, fins ajudar-me a entendre tots aquells conceptes de química que no hauria pogut entendre per a mi mateixa. Els vull donar les gràcies per a tot això esmentat, per deixar-me tot el material que he necessitat però, sobretot, per tota l'amabilitat amb què m'han ajudat i atès.

També m'agradaria donar les gràcies al sr. Professor Xavier Renedo, per ajudar-me amb tota la part de tinta, tant els conceptes com la seva fabricació i per facilitar-me el contacte amb el sr. Oriol Miró qui em va respondre, de seguida, totes les preguntes que tenia sobre aquest apartat.

Agrair també la col·laboració d'en Martí Sánchez, qui m'ha ajudat a dur a terme totes les pràctiques elaborades i per tota la paciència que ha tingut en la millora de l'estructura del treball.

M'agradaria agrair, també, a la meva tutora del treball de recerca, la professora de química, qui m'ha guiat al llarg d'aquest treball i em va ajudar a encaminar-lo correctament.

I, per últim, donar les gràcies al meu pare per tota la paciència i l'ajuda que ha dipositat en aquest treball.

Bibliografia

LLIBRES

Enciclopedia Espasa-Calpe, Madrid: Montaner y Simón, 1983.

CHRISTOPHER DE HAMEL. *Scribes and Illuminators*. British Museum Press, 1992, 72 pàg.

Gran Enciclopèdia Catalana. Barcelona: 1993.

AUDIOVISUALS

RECERCA EN ACCIÓ. *Tinta invisible*. [Vídeo]. Girona: 2009.

XARXA INTERNET

http://www.recercaenaccio.cat/agaur_reac/AppJava/resources/documents/090707-tinta-invisible-l-adaptaci-article-josep-duran-64684.pdf, 28 de novembre de 2012.

<http://www.iec.cat/activitats/entrada.asp>, 12 de setembre de 2012.

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>, consultada al llarg del treball.

http://www.merckmillipore.es/?sid=3Q3eLC5v_1fVLH6vDyOze4avWo7M3ETI5SPAep3Cpdz7QKDh8e29hahRylZTkchhsNXOMC22IDX3K6emf4kiH9uf_PnHaOK_7pdmDZZ2czFJ1kTI5SP_2Dcr?CountryName=Spain, 10 de novembre de 2012.

<http://www.urimiro.com/>, 20 d'agost de 2012.

<https://sites.google.com/site/keith7amanda2/>, 23 d'agost del 2012.

<http://www.ph-meter.info/pH-measurements-indicators>, 20 d'octubre de 2012.

<http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/acidbase/indicators.shtml>, 27 d'octubre de 2012.

http://www2.chem.umd.edu/Resources/sib/pnp_equilibrium.pdf, 27 d'octubre de 2012.

<http://www.scienceinschool.org/2007/issue6/galls/spanish>, 1 de novembre de 2012.

<http://www.stinkyinkshop.co.uk/blog/a-short-history-of-ink/>, 1 de novembre de 2012.

<http://varenya.hubpages.com/hub/Ink-short-history-and-how-to-prepare-it-at-home>
30 de setembre de 2012.

<http://chemistry.about.com/od/chemistryhowtoguide/a/invisibleinks.htm>, 30 de setembre de 2012.

<http://artofmanliness.com/2011/09/09/man-knowledge-the-history-of-invisible-ink/>,
30 de setembre de 2012.

<http://io9.com/5827076/the-sordid-secrets-of-invisible-ink>, 30 de setembre de 2012.

Annexos

En aquest treball s'ha decidit adjuntar algunes pràctiques elaborades al laboratori. Així doncs, s'ha elaborat un llistat amb les reaccions i el número a que equivalen els dibuixos:

1. Tinta invisible amb llimona.
 2. Tinta invisible amb llet.
 3. Tinta invisible amb vinagre.
 4. Reacció de precipitació.
 5. Reacció de precipitació.
 6. Reacció àcid-base amb fenolftaleïna (s'ha evaporat).
 7. Reacció de complexació.
 8. Reacció de complexació.
 9. Fluorescència amb fluoresceïna.
 10. Recuperació d'una recepta antiga.
-

