

ANNEXOS

La Química de Coordinació

INS Gerbert d'Aurillac

2n de Batxillerat - A

Treball de Recerca | 15 desembre 2011

ÍNDEX DELS ANNEXOS

10. ANNEXOS.....	0
10.1 Glossari.....	1
10.2 Llistat d'abreviacions.....	4
10.3 Entrevista a la Dra. Amparo Caubet.....	5
10.4 Càlculs.....	9
10.5 Espectres.....	17

10. ANNEXOS

10.1 Glossari

CONCEPTES BÀSICS

La química és una ciència poc coneguda majoritàriament, i els coneixements en general no són gaire elevats. Per això penso que és important mantenir tot el vocabulari més essencial en les pàgines següents per a que resulti més fàcil i eficaç la lectura, i això no perdre's en cap moment per tal de poder-lo consultar quan sigui desitjat. Tot i així, en un punt concret del treball consten tots aquests termes més ampliats, i alguns fins i tot, exemplificats detalladament per a una millor comprensió.

Àcid de Lewis Acceptadors de parells d'electrons.

Àcid desoxiribonucleic Àcid nucleic que conté les instruccions genètiques pel desenvolupament i funcionament dels éssers vius.

Àcid nucleic Biomolècules orgàniques encarregades d'emmagatzemar i difondre la informació genètica.

Àcid ribonucleic Polímer que consisteix en una cadena de nucleòtids units entre ells.

Àtom Unitat més petita d'un sistema químic, formant les mateixes característiques que l'element que forma.

Atomicitat Quantitat d'àtoms que es troben en una substància, com en un element químic.

Base de Lewis Donadors de parells d'electrons.

Bioinorgànica Disciplina que estudia les interaccions i funcions dels elements i compostos inorgànics en sistemes biològics.

Biologia Ciència que estudia els éssers vius, especificant l'origen, l'evolució i les seves propietats.

Cicloalca Compost cíclic de fórmula general C_nH_{2n} .

Complex de coordinació Estructura formada per un àtom o ió central, generalment un metall de transició, el qual està unit a lligands del voltant, ja siguin molècules o anions.

Compost Substància pura formada per més d'un element químic, i que per tant es pot descompondre gràcies a determinats mètodes.

Configuració electrònica Estructura dels electrons dins de qualsevol estructura física.

Cristall Forma sòlida amb els components que la formen empaquetats ordenadament i amb patrons de repetició esteses en tres dimensions espacials.

Electró Partícula subatòmica amb càrrega elèctrica negativa.

Element Substància pura que no es pot descompondre per cap altra substància mitjançant mètodes químics.

Energia Capacitat per realitzar un treball, la qual no pot ser fabricada ni transformada.

Enllaç químic Unió entre àtoms que requereix molta energia per tal d'establir-se.

Enzim Biomolècules que catalitzen les reaccions químiques, augmenten la velocitat.

Espectre Descomposició pròpia de cada element, que marca totes les radiacions absorbides o emeses pels seus electrons.

Fotó Partícula subatòmica medidora de la interacció electromagnètica.

Freqüència Magnitud física que mesura el nombre de repeticions d'un succés periòdic per unitat de temps.

Infraroig Part de l'espectre electromagnètic amb més longitud d'ona que la llum visible, però més curta que la radiació de microones.

Ió Àtom o molècula amb càrrega elèctrica. Si és positiva parlem de catió, i si la càrrega és negativa, llavors d'anió.

Isòmer Compostos amb la mateixa fórmula química, però diferenciats per l'estructura i propietats.

Lligand Molècules o ions rics en electrons formant part de l'esfera de coordinació d'un metall, tot actuant com una base de Lewis.

Longitud d'ona Distància en què es repeteix la forma de l'ona, indirectament proporcional a la freqüència.

Metall Element químic del qual es pot formar cations i enllaços iònics.

Molècula Enllaç d'àtoms covalentment de forma estable i elèctricament neutre.

Neutró Partícula subatòmica sense càrrega neta.

Nombre d'oxidació Indicador de tots aquells electrons participant en la formació del compost.

Nombre quàntic Nombre enter que proporciona informació dels electrons que formen un determinat orbital.

Ona Propagació d'una pertorbació d'alguna propietat d'un medi que es propaga per l'espai tot transportant energia.

Orbital Zona de l'espai a l'entorn del nucli en la qual hi ha una gran probabilitat de trobar l'electró

Partícula Menor proporció de matèria que forma un cos conservant les propietats químiques.

Producte Substàncies resultants d'una reacció química a partir dels reactius, per tant, és allò que sorgeix després d'una reacció química.

Proteïna Biomolècula formada per cadenes lineals d'aminoàcids.

Protó Partícula subatòmica amb càrrega elèctrica positiva.

Quelat Compost químic format per un ió metàl·lic amb un lligand polidentat, és a dir, quan trobem més d'un parell d'electrons compartits.

Química Ciència que estudia la composició, l'estructura i les propietats de la matèria, juntament amb els canvis que experimenta durant les reaccions químiques.

Reacció química Procés químic on dues o més substàncies (reactius), gràcies a un factor energètic, es transformen en altres substàncies (productes).

Reactiu Substància la qual interacciona amb una altra per donar unes (producte) amb altres propietats, característiques i conformacions, dins una reacció química.

RMN Fenomen físic basat en propietats mecanicoquàntiques dels nuclis atòmics.

Tautomeria Propietat que presenten dos isòmers diferenciats en la posició del grup funcional.

Uracil Base pirimidínica exclusiva del RNA, representada per U.

València Quantitat d'enllaços químics formats per àtoms d'un element químic.

10.2 Llistat d'abreviacions

DNA Àcid Desoxiribonucleic

EDTA Àcid Etilendiamminatetraacètic

IEC Institut d'Estudis Catalans

IR Infraroig

L Lligand

M Metall

Ny pirimidínic

RF Radiofreqüència

RMN Radiació electromagnètica

RNA Àcid Ribonucleic

Z Nombre Atòmic (nº protons)

▪ ELEMENTS DE LA TAULA PERIÒDICA

C: Carboni

Ca: Calci

Cu: Coure

H: Hidrogen

Mg: Magnesi

N: Nitrogen

O: Oxigen

P: Fòsfor

Pt: Platí

Zn: Zinc

10.3 Entrevista a la Dra. Amparo Caubet

**Dra. Amparo Caubet Marín**

Universitat de Barcelona

Departament de Química Inorgànica

Sóc una alumna que ve de l'institut Gerbert D'Aurillac, fent el Treball de Recerca sobre uns compostos de coordinació formats per ions metàl·lics (com són el zinc i el coure), i una base nitrogenada del RNA com a lligand (l'uracil).

Espero que puguis resoldre tots els meus dubtes, ja que he començat a entrar en un camp molt complicat per a mi. Li agrairia molt que em pogués respondre les següents qüestions¹:

Quines han estat les motivacions personals que l'han dut fins aquí?

Sempre m'ha agradat molt la química i la biologia. Vaig fer la carrera de química, i llavors vaig agafar l'especialitat en Química Inorgànica... No sé si saps que abans això anava per especialitats. Aquí vaig anar a parar al que coneixem com a la química de coordinació, fins arribar a la Bioinorgànica aprofundint cada vegada més.

Quines línies d'investigació porteu a terme en el vostre camp de treball?

En el nostre camp de treball, dins el departament de Química Inorgànica, seguim dues línies d'investigació. Per una banda, nosaltres treballem amb compostos com els de platí, pal·ladi i ruteni pel seu comportament com a antitumorals a l'interaccionar amb el DNA.

L'altre grup, treballa amb models. Dit d'una altra manera, parteixen de models petits per tal de portar-ho a escala més gran. Evidentment, és més fàcil treballar i fer prediccions a partir d'una molècula més senzilla. Després, ja es comprova si a escala més gran també funciona.

¹ Font pròpia

Aquests tres metalls, què són capaços de fer per tal de guarir o alleugerir el càncer?

El platí és el metall més utilitzat. Sobretot s'encarrega dels càncer com el d'úter, de testicles... Majoritàriament d'aquells càncers de qualsevol dels dos aparells reproductors. Aquest metall des dels anys 80 està en clíniques. Els efectes secundaris que pot portar, són la nefrotoxicitat, l'ototoxicitat, hematologies o neuropatologies. El ruteni, en canvi, s'utilitza més quan s'observa una metàstasi, és a dir, quan aquest càncer ja s'ha escampat. Aquest, però, encara està en investigació. La investigació pot comportar uns deu anys, fins aconseguir que els efectes secundaris es redueixin.

Quant pot durar tot un procés fins a treure un producte al mercat? Algun dels metalls esmentats anteriorment, ja s'utilitza, o encara estan en investigació?

Tot aquest procés pot trigar fins a deu anys, ja que ha de passar per totes aquestes fases i no ens podem arriscar fins a obtenir un producte que compleixi els requisits i que no tingui gaires efectes secundaris. Llavors, es van investigant altres solucions per tal d'aconseguir, cada vegada més, menys efectes secundaris que puguin ser perjudicials.

En què us baseu per tal de determinar una possible aplicació de qualsevol dels compostos sintetitzats?

Bàsicament ens servim de la orientació. És difícil partir des de zero, per tant ens basem molt en la bibliografia per establir les propietats que tenen cada compost. Així, necessitem partir del que ja està fet, perquè sinó seria massa complicat. A partir d'un llibre podem estudiar totes les aplicacions que disposa un compost, i a partir d'aquí, desenvolupar l'estudi.

Quines proves bioquímiques es fan després? Qui s'encarrega de fer-les?

Es duen a terme moltes proves per verificar la utilitat d'aquell compost com a fàrmac en un futur. Una d'elles és la citotoxicitat, per tal de determinar la toxicitat present (o no) a les cèl·lules. També es segueixen unes línies tumorals, és a dir, els compostos determinats són capaços de matar les cèl·lules malignes, sense fer malbé les altres? Llavors, en una fase més avançada, es passen a unes proves exercides sobre els animals, com són principalment els ratolins. Els encarregats d'això són tan biòlegs com bioquímics.

Finalment hi ha la fase clínica, que es subdivideix en tres. No les sé diferenciar exactament, per això només puc dir que en aquesta etapa s'experimenta amb les persones, normalment amb gent que s'està a punt de morir i que, per tant, ja no hi ha res més a fer. Si hi ha sort i s'aconsegueix allargar la vida, bé; sinó, s'ha fet el que s'ha pogut.

Pel que fa el meu treball, a partir dels compostos que he sintetitzat, què se'n podria fer?

És difícil aconseguir una utilitat en aquests compostos. S'ha utilitzat una de les bases nitrogenades del RNA només, i per tal d'aconseguir qualsevol funció requeriria el nucleòtid complert. Per tant, una de les coses que es podria fer, es emprar-los com a model, tal i com t'he explicat abans. És a dir, a partir d'una molècula petita, fer prediccions per veure que podria passar en una de més gran... Això simplifica l'estudi, i per tant és molt més fàcil.

Quines aplicacions podrien tenir de cara a la farmacologia, aquests compostos?

Com ja t'he esmentat abans, no hi podem trobar cap aplicació. Els dos metalls que has utilitzat, formen part d'enzims, i així poden servir com a model d'enzims grans. Es pot estudiar com estan els dos metalls en un enzim determinat.

Per exemple, el zinc forma part de l'hemocianina, encarregat del transport d'oxigen. Podries dir: el meu compost de zinc pot transportar oxigen? El zinc, però, també és important per la pell a l'hora de prevenir picades en forma de hidroxisilicat de zinc hidratat ($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$).

Per altra banda, el coure té també activitat antitumoral. És un metall que està en prova, però també pot donar esperances. Això es deu al fet que forma part de la nucleasa, un enzim que s'encarrega de trencar el DNA.

Quines maneres disposem per saber amb seguretat què tenim?

Hi ha moltes tècniques diferents per tal de determinar una substància, ja que amb una no n'hi ha mai prou. Es realitzen uns anàlisis elementals: es determina el percentatge que hi ha de cada element (carboni, hidrogen, nitrogen, sofre...). També, com ja saps, la tècnica d'espectroscòpia infraroja. És molt utilitzada, però també ho és la de ressonància magnètica

nuclear. Aquesta només funciona quan els productes són solubles i no són paramagnètics. Ens diu, doncs, com es troben en dissolució, ja que no és el mateix en sòlid. D'altra banda, hi ha la difracció de raigs X que determina l'estructura. I finalment, l'espectroscòpia de masses que només es fa servir quan són solubles. A partir d'aquí es passa a unes tècniques més específiques.

Tu has fet anàlisi infraroig i de ressonància magnètica. L'infraroig s'utilitza per a lligands orgànics, el qual detecta si hi ha moltes bandes a partir de la vibració de tota la molècula. És molt útil quan hi ha grups funcionals, ja que són fàcils de trobar. Pel que fa el RMN, es basa en la detecció dels electrons aparellats. Per això s'utilitza el Zn^{2+} , ja que té molts electrons desaparellats. El Cu^{2+} , en canvi, no en té i no es veu en l'espectroscòpia de ressonància magnètica. Per solucionar-ho, es fa servir el zinc com a substitució.

10.4 Càlculs

10.4.1 Pràctica 1

Informació prèvia

Massa Molecular ZnCl_2 : 136,28 g/mol

Massa Molecular lligand ($\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$): 151,1646 g/mol

1M/1LL

$$0,732 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{151,1646 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol lligand}} \cdot \frac{136,28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol ZnCl}_2} = 0,660 \text{ g ZnCl}_2$$

1M/2LL

$$0,698 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{151,1646 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{2 \text{ mols lligand}} \cdot \frac{136,28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,315 \text{ g ZnCl}_2$$

Rendiment

0,315 g 0,698 g

Informació prèvia

Massa Molecular $[\text{ML}_2]\text{Cl}_2$: $65,3 + 151,16 \cdot 2 + 35,45 \cdot 2 = 438,52 \text{ g}$.

$$0,315 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{136,28 \text{ g M}} \cdot \frac{2 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 4,623 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,698 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{151,1646 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{2 \text{ mols L}} = 2,309 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$2,309 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol } [\text{ML}_2]\text{Cl}_2}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{438,52 \text{ g } [\text{ML}_2]\text{Cl}_2}{1 \text{ mol } [\text{ML}_2]\text{Cl}_2} = 1,0125 \cdot 10^{-3} \text{ g } [\text{ML}_2]\text{Cl}_2$$

$$\eta = \frac{0,788 \text{ g experimentals}}{1,0125 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 77,83\%$$

10.4.2 Pràctica 2

Informació prèvia

Massa Molecular ZnCl_2 : 136,28 g/mol

Massa Molecular uracil: 112,09 g/mol

1M/1LL

$$0,720 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol lligand}} \cdot \frac{136,28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,877 \text{ g ZnCl}_2$$

Rendiment

0,877 g	0,720 g
---------	---------

$$0,877 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{136,28 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 6,435 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,720 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{112,09 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 6,423 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$6,423 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{248,37 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 1,595 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,714 \text{ g experimentals}}{1,595 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 44,76\%$$

1M/2LL

$$0,720 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{2 \text{ mols lligand}} \cdot \frac{136,28 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,438 \text{ g ZnCl}_2$$

Rendiment



0,438 g	0,720 g
---------	---------

$$0,438 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{136,28 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 3,214 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,720 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{112,09 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 6,423 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$3,214 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{360,46 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 1,159 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,604 \text{ g experimentals}}{1,159 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 52,11\%$$

10.4.3 Pràctica 3

Informació prèvia

Massa Molecular $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 170,48 g/mol

Massa Molecular lligand ($\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$): 151,1646 g/mol

1M/1LL

$$0,522 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{151,1646 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol lligand}} \cdot \frac{170,48 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,589 \text{ g CuCl}_2$$

Rendiment

0,589 g	0,522 g
---------	---------

$$0,589 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{170,48 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 3,455 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,522 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{151,1646 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 3,453 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$3,453 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{321,64 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 1,111 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,656 \text{ g experimentals}}{1,111 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 59,05\%$$

1M/2LL

$$0,526 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{151,1646 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{2 \text{ mols lligand}} \cdot \frac{170,48 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,297 \text{ g CuCl}_2$$

Rendiment



0,297 g	0,526 g
---------	---------

$$0,297 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{170,48 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 1,742 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,720 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{151,1646 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 4,763 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$4,763 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{472,809 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 2,252 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,532 \text{ g experimentals}}{2,252 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 23,62\%$$

10.4.4 Pràctica 4

Informació prèvia

Massa Molecular $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 170,48 g/mol

Massa Molecular uracil: 112,09 g/mol

1M/1LL

$$0,500 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol lligand}} \cdot \frac{170,48 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,760 \text{ g CuCl}_2$$

1M/2LL

$$0,500 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{2 \text{ mols lligand}} \cdot \frac{170,48 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,380 \text{ g CuCl}_2$$

10.4.5 Pràctica 5

Informació prèvia

Massa Molecular $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$: 181,6 g/mol

Massa Molecular uracil: 112,09 g/mol

1M/1LL

$$0,500 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{1 \text{ mol lligand}} \cdot \frac{181,6 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,810 \text{ g Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$$

Rendiment

0,810 g	0,500 g
---------	---------

$$0,810 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{181,6 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 4,460 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,500 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{112,09 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 4,461 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$4,461 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{293,69 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 1,310 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,797 \text{ g experimentals}}{1,310 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 60,84\%$$

1M/2LL

$$0,500 \text{ g lligand} \cdot \frac{1 \text{ mol lligand}}{112,09 \text{ g lligand}} \cdot \frac{1 \text{ mol ZnCl}_2}{2 \text{ mols lligand}} \cdot \frac{181,6 \text{ g ZnCl}_2}{1 \text{ mol}} = 0,410 \text{ g Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$$

Rendiment

0,410 g 0,500 g

$$0,410 \text{ g M} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{181,6 \text{ g M}} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{1 \text{ mol M}} = 2,258 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}$$

$$0,500 \text{ g L} \cdot \frac{1 \text{ mol L}}{112,09 \text{ g L}} \cdot \frac{1 \text{ mol M}}{1 \text{ mol L}} = 4,461 \cdot 10^{-3} \text{ mol M}$$

$$4,461 \cdot 10^{-3} \text{ mol M} \cdot \frac{1 \text{ mol ML}}{1 \text{ mol M}} \cdot \frac{405,78 \text{ g ML}}{1 \text{ mol ML}} = 1,810 \text{ g ML}$$

$$\eta = \frac{0,788 \text{ g experiments}}{1,810 \text{ g teòrics}} \cdot 100 = 43,54\%$$

10.5 Espectres

Informació addicional per a la interpretació:

IR