



EL FUTUR DE LA MEDICINA: NANOFÀRMACS I NANOTECNOLOGIA

2N DE BATXILLERAT A

CURS 2022/2023

ÀMBIT CIENTÍFIC

DEPARTAMENT DE CIÈNCIES

18 D'OCTUBRE DEL 2022

“TOT ÉS BO, PERÒ NO TOT ÉS BO PER TOTHOM”

LLUÍS GUZMÁN, ENTREVISTAT AL MEU TREBALL

ABSTRACT

LLENGUA CATALANA

El treball exposa tot el que comporten els nanofàrmacs i la nanotecnologia. S'explica la composició d'aquests, el seu funcionament, les seves aplicacions i els seus avantatges i inconvenients. A banda d'això, es relaciona l'aparició dels nanofàrmacs amb la bioètica i el que comporta l'aplicació d'aquests a la vida del dia a dia, a més a més del possible canvi estructural socialment que podria realitzar amb la seva aplicació.

Altrament, hi ha una part pràctica on es realitza una síntesi d'uns nanofils ferromagnètics que podrien introduir-se dins d'un pacient per realitzar la tasca de nanofàrmac, així com una entrevista a un pacient que ha participat en un tractament nanotecnològic. Encara que aquest tractament no va resultar exitós, permet donar una perspectiva més optimista i d'importància pel fet que aquests tractaments ja tenen una aplicació actual.

El treball conclou fent èmfasi en què no tot el que comporten els nanorobots serà bo, canviarà el món tal i com el coneixem actualment i cal unes bases científiques, ètiques i polítiques per tal de fer un bon ús d'aquesta nova eina. Així mateix, la part dels nanorobots encara es troba en un punt massa verd com per aplicar-ho en l'actualitat. El futur de la medicina es troba en la individualització dels tractaments, un major finançament per la realització dels experiments i l'aplicació de l'ètica en aquestes qüestions per a executar bé la idea i no causar un caos global.

ABSTRACT

LENGUA CASTELLANA

El trabajo expone todo lo que conllevan los nanofármacos y la nanotecnología. Se explican la composición de estos, su funcionamiento, sus aplicaciones y sus ventajas e inconvenientes. Además de eso, se relaciona la aparición de los nanofármacos con la bioética y lo que conlleva la aplicación de estos en la vida diaria, asimismo del posible cambio estructural socialmente que se podría realizar con su aplicación.

También hay una parte práctica donde se realiza la síntesis de unos nanohilos ferromagnéticos que se podrían introducir dentro de un paciente para que pueda realizar la tarea de nanofármaco, además de una entrevista a un paciente que ha participado en un tratamiento nanotecnológico. Aunque no le funcionase la terapia, su opinión da una perspectiva más optimista y relevancia en cómo estas curas ya tienen una aplicación actual.

El trabajo concluye poniendo énfasis en las causas malas a las que se puede llegar, ya que los nanorobots cambiarán el mundo tal y como lo conocemos actualmente, y se necesitan unas bases científicas, éticas y políticas para gestionar correctamente su uso. Además, la parte de nanorobots aún se encuentra muy verde como para que se aplique aún. El futuro de la medicina se encuentra en la individualización de los tratamientos, un aumento de las financiaciones hacia los experimentos en este ámbito y la aplicación de la ética en las cuestiones generadas para ejecutar correctamente la idea y no causar un caos global.

ABSTRACT

ENGLISH

The essay talks about all what nanopharmacs and nanotechnology implies. It shows their composition, functions, applications and their disadvantages and advantages. It also adds a relation between nanopharmacs and bioethics, and how their application in daily life involves on the posible social structural change that would happen with their application.

Furthermore, there is a practical part that shows the syntesis of ferromagnetic nanowires that could be introduced in a patient to do the nanopharmac use, and a patient interview that used a nanotechnological treatment. Even though the treatment was not successful, it gives an optimistic and an important actual implementation perspective.

The essay finishes putting emphasis on the bad things that could happen with nanorobots, because it is going to change the world as we know it, and it needs some scientific, ethical and political bases to make a correct use of it. What's more, the nanorobotic part seems too new to use it now. The future of medicine relies on the individualization of treatments, a bigger funding on experiments on this subject and the correct execution of ethics to answer correctly the idea and not to cause global chaos.

ÍNDEX

1. Introducció	8
1.1. Motivacions	8
1.2. Objectius	8
1.3. Hipòtesi	9
1.4. Planificació	9
2. Conceptes bàsics sobre els nanorobots	10
2.1. Què són els nanorobots?	10
2.2. Richard Feynman i la història dels nanorobots	10
2.3. Parts d'un nanorobot	11
2.4. Com funcionen?	12
2.5. Tipus de nanorobots	14
2.6. Avantatges i inconvenients	15
2.7. Aplicacions i usos	16
2.8. Ètica i nanorobots	17
3. Magnetisme i ferromagnetisme en els nanofàrmacs	21
3.1. Magnetisme	21
3.2. Camp magnètic	22
3.3. Paramagnetisme	23
3.4. Ferromagnetisme	23
3.5. Temperatura de Curie	25
3.6. Aplicació dels conceptes del magnetisme en els nanorobots	25
4. Part pràctica: síntesi de nanofils	27
4.1. Objectiu de la pràctica	27
4.2. Material per realitzar l'experiment	27
4.3. Procediment	28
4.4. Producte final	32

5. Part pràctica: entrevista a un pacient que ha utilitzat la nanotecnologia en el seu tractament	34
5.1. Introducció: Microesferes d'Y-90	34
5.2. Com és el tractament?	34
5.3. Avantatges i inconvenients del tractament	35
5.4. Experiència personal	36
6. Contrast de la hipòtesi	37
7. Conclusió	38
8. Agraïments	41
9. Bibliografia i webgrafia	42
10. Annex	45
10.1. Glossari	45
11. Apèndix	46

I. INTRODUCCIÓ

I.1. MOTIVACIONS

Durant l'estiu abans de començar batxillerat, sabia com volia encarar el meu treball de recerca, ja que un dels meus objectius (tal i com dic al següent apartat) era fer un treball que em fos útil i m'aportés el coneixement de certs aspectes que podria trobar-me després de fer el treball de recerca. És per això que aquest treball és d'àmbit científic, ja que és al que em vull dedicar després dels meus estudis, a part de ser del meu interès.

Abans de desvetllar el tema del treball de recerca, volia dir que havia pensat diferents idees, com va ser el mal ús dels antibiòtics, ja que els fàrmacs sempre m'han interessat. Tot i això, la idea es va descartar quan vaig obtenir la possibilitat d'adquirir ajuda externa per realitzar el treball. A més d'acabar de sentenciar el tema, la proposta de la idea anava de la mà d'anar a laboratoris amb majors prestacions per tal de "posar la cirereta al pastís" i tancar el meu treball.

Estic molt content sobre aquesta tria, ja que continua estant relacionada amb el que volia fer des del principi, a part de ser del meu gust i interès.

I.2. OBJECTIUS

Els principals objectius que es vol consolidar durant el transcurs del treball són:

- Aprendre nous conceptes que puguin ser útils en un futur, tan estudiantils com per al dia a dia.
- Saber recollir informació fiable i de qualitat a través de mitjans segurs, a part d'adquirir una autonomia per fer pròxims treballs.
- Conèixer les diferents aplicacions que poden tenir els nanorobots.
- Aprendre les bases del magnetisme dels materials, i tot el que ho relaciona.

- Ser conscient de totes les implicacions que poden tenir els nanorobots, tant dins el cos com a la societat en general.
- Augmentar la informació sobre nanotecnologia en català.

1.3. HIPÒTESI

Els nanorobots són una eina que poden ajudar a solucionar, de noves maneres, malalties actuals. La combinació de múltiples camps científics faran que s'ampliïn les possibilitats que tenen actualment els robots, i canviarà el món de la medicina. Tot i això, a causa de les diferents tecnologies i components que porten els nanorobots, poca part de població es podrà permetre un tractament amb nanorobots si és que al final s'aconsegueix obrir-ho al públic general.

1.4. PLANIFICACIÓ

Primer de tot, em centraré en informar-me sobre el tema, a més a més d'organitzar el treball. Conforme vagi investigant sobre aquest àmbit, formularé una hipòtesi que estigui relacionada amb els apartats estudiats al treball. Un cop ja estigui feta la part teòrica, passaré a l'aparat pràctic, ja que resultarà més fàcil d'entendre els conceptes amb els quals em pugui trobar. Després d'això, faré el contrast de la hipòtesi i les conclusions per tal de finalitzar el treball.

2. CONCEPTES BÀSICS SOBRE ELS NANOROBOTS

2.1. QUÈ SÓN ELS NANOROBOTS?

Els nanorobots són un producte de la nanotecnologia, on el prefix “nano-” es refereix a l'escala on es treballa (en llatí “nano” vol dir minúscul). Per la seva banda, el terme tecnologia es pot desglossar en dues parts: “tecno-” que significa tècnica i “-logia”, que significa estudi, ciència i/o coneixement.

Un cop sabem això, podem entendre el significat de la nanotecnologia, que és el que ha permès la creació dels nanorobots. Aquests són uns robots que treballen a escala nanomètrica dins un cos per tal de manipular i aconseguir l'objectiu amb el qual ha sigut dissenyat.

En aquest treball ens centrarem, sobretot, en els nanorobots i la seva implicació en farmàcia, ja que un dels objectius que tenen alguns d'aquests robots és portar un fàrmac en el seu interior, dirigir-lo i introduir-lo a un òrgan diana, per tal de curar alguna malaltia (com pot ser el càncer) sense introduir grans quantitats del fàrmac dins el cos, només la necessària per curar aquell òrgan, teixit, cèl·lula... A més a més, també hi haurà un apartat on es parlarà més de la bioètica i com aquesta s'aplica als nanorobots.

2.2. RICHARD FEYNMAN I LA HISTÒRIA DELS NANOROBOTS

La trajectòria històrica dels nanorobots va començar amb el físic Richard Feynman l'any 1959. En aquell moment va presentar una arxiconeguda conferència anomenada “There's Plenty of Room at the Bottom” (en català, “Hi ha molt d'espai al fons”) on Feynman explicava la manipulació des del nivell atòmic, i això es podria aconseguir gràcies a robots que treballen a una escala nanomètrica (el que ell i un company seu, Hibbs, ho explicaven dient que es “menjaven un metge”). Al principi les idees de Feynman va ser rebudes com si fossin de ciència-ficció, però durant els anys 80, va començar l'era daurada de la nanotecnologia, on diversos científics

d'arreu del món van fer descobriments i avenços relacionats amb aquest camp, a més a més de mencionar per primera vegada el concepte de nanotecnologia.

Vint anys després, el camp de la nanomedicina agafa molta rellevància, ja que Bill Clinton (el president d'aquell moment del EUA) va començar a finançar projectes d'aquesta temàtica i, tres anys després, la nanotecnologia es va convertir en una prioritat nacional als EUA i es va crear la NNI (National Nanotechnology Initiative), on actualment el seu lema és "entendre i controlar la matèria nanomètrica per a una revolució tecnològica i industrial que beneficiï la societat".

2.3. PARTS D'UN NANOROBOT

Els nanorobots es diferencien en diferents parts, com si fos un autobús. Tal i com allà podem identificar un conductor, els viatgers i tots els motors, en els nanofàrmacs aquesta distribució és molt similar. En aquest cas trobem el "conductor" (que en el nostre cas és un navegador), el magatzem on porta el fàrmac (que serien els viatgers si ho pensem amb l'exemple de l'autobús), els mecanismes i propulsors per a moure's dins el cos i codis de programació (que serien el motor del bus). Hi ha alguns nanorobots que també incorporen càmeres i altres aspectes fora d'aquests apartats, encara que de moment no s'han aplicat molt exitosament. A continuació, l'explicació de les tres parts principals, amb el seu corresponent nom:

- **Navegador:** El navegador conté un sensor de moviment que el permet dirigir-se cap al seu òrgan diana corresponent. Sense el navegador, el nanorobot estaria viatjant sense un camí concret, i no podria completar la seva diana. Depenent de com naveguen pel cos, es poden separar en dos grups, tot i que això s'explica en l'apartat 2.4.
- **Reservori:** És el lloc on s'emmagatzema el fàrmac dins el nanorobot. Dins seu pot contenir més d'un fàrmac o, fins i tot, altres agents químics necessaris pel tractament en qüestió.
- **Motors i enginys:** El nanorobot, o també anomenat nanobot, no es mou per art de màgia dins el cos, necessita quelcom per moure's. Podem trobar dos tipus de nanomàquines, els nanonedadors que s'estan considerant en l'actualitat, els quals poden utilitzar aigua oxigenada (H₂O₂), àcid clorhídric

(HCl), hidrazina (N_2H_4), diòxid de titani (TiO_2) entre d'altres combustibles encara que alguns, dins el cos, són tòxics i poden arribar a malmetre més el cos del que ja ho estava. Aquests nanonedadors presenten un moviment brownià¹ ja que no segueixen cap camí marcat, cosa que ens pot dificultar la tasca d'arribar a la diana. A més a més, el nanonedador pot portar els codis que es requereixen per al seu correcte ús dins el cos o, també, per interactuar entre altres nanobots. Això s'aconsegueix gràcies a la IA (Intel·ligència Artificial) que hi ha en els seus enginys. Les altres nanomàquines presenten un desplaçament dirigit però, com que no necessiten motors ni enginys, no cal explicar-ne gran cosa, de moment, d'aquests.

- **Altres elements:** Des d'un flagel com a extensió del nanobot per tal de moure's pel cos o una càmera per veure per on passa el robot entre altres parts d'alguns nanorobots que permeten característiques especials, depenent del que necessitin per a moure's en el medi corresponent. També podem trobar sensors químics, de temperatura, de pressió...

2.4. COM FUNCIONEN?

Els nanorobots són dissenyats tal i com la natura ha dissenyat diferents organismes. Per exemple, hi ha certs peixos que poden nedar molta distància i hi ha insectes com la *amitermes meridionalis*, un tèrmit endèmic d' Austràlia més conegut com el tèrmit brúixola, que detecten el camp magnètic de la Terra i orienten els seus nius d'acord amb aquesta informació geomagnètica.

Aquests nanorobots poden moure's per l'interior del cos de dues maneres diferents: automàticament o externament:

- **Automàticament:** aquest tipus de moviment no requereix que el nanorobot es mogui, sinó que el mou el fluid. Aquest pot ser vehiculat gràcies a un moviment brownià o seguint més una lògica com, per exemple, el gradient de

¹ Definició de moviment brownià: Moviment aleatori i irregular que segueixen partícules microscòpiques dins d'un fluid en el que es troben immersos.

concentració que es troba dins el cos. Això causa que, un cop el robot detecta el senyal del gradient, es mogui cap a on sigui portat, com si fos un moviment passiu.

- **Externament:** en aquest cas, el robot és dirigit per algú extern, com si es tractés d'un cotxe teledirigit de joguina. Pot conduir el nanorobot per ultrasons², per camp magnètic (que ho explicaré més a fons en un dels apartats del marc teòric) i altres mètodes d'ones electromagnètiques, com els rajos X, ones de ràdio i/o de microones.

Aquests nanorobots poden actuar conjuntament com els tèrmitis brúixola mencionats anteriorment, de manera que una IA permet una col·laboració conjunta entre ells. Podem trobar que els seus noms estan relacionats amb noms d'animals, ja que els programadors d'aquests nanorobots s'han basat en les relacions intraespecífiques de les espècies per relacionar-ho amb els nanorobots. Aquests noms són ACO (Ant Colony Optimization), ABC (Artificial Bee Colony) o PSO (Particle Swarm Optimization).³

Un cop el nanorobot ha realitzat el camí fins a la seva diana, ha d'aconseguir realitzar el seu objectiu. Cada nanorobot té diferents elements els quals s'han afegit per tal de satisfer amb més facilitat els objectius pels quals ha sigut creat. Aquests elements extra poden ser:

- **Ganivets:** Serveixen per eliminar obstacles que es troben al camí del nanobot per arribar a la seva diana. Alguns d'aquests obstacles poden ser coàguls, plaques...
- **Emissor de microones i generador de senyals ultrasòniques:** Poden matar cèl·lules cancerígenes sense trencar-les i això es pot arribar a aconseguir escalfant la cèl·lula fins a la seva mort (aquest fenomen es coneix amb el nom de mort per hipertèrmia).

2: Definició d'ultrasons: Soroll de freqüència molt alta, superior a la que els humans podem percebre.

3 Més informació relacionada amb aquestes relacions intraespecífiques i els nanorobots: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.304.1754&rep=rep1&type=pdf>

- **Elèctrodes:** Escalfen la diana fins a la seva mort, igual que fan les microones.
- **Làser:** Crema també la seva diana, però també pot cremar altres elements com poden ser els coàguls sanguinis i plaquetes. Això ho fa vaporitzant-los, sense danyar la resta de teixits del cos.

2.5. TIPUS DE NANOROBOTS

Els nanorobots es poden separar en dos grups: segons el material amb el qual han sigut construïts o segons el seu ús:

- **Material:** Aquests es separen segons si la seva composició està feta de material orgànic o inorgànic. Si el nanorobot ha sigut creat amb cèl·lules d'ADN bacterià o víric, aquest nanorobot està catalogat com un nanorobot orgànic i, gràcies al seu compost orgànic, són menys tòxiques pel cos. En canvi, si el nanorobot ha estat construït per altres elements (com pot ser el diòxid de titani, la magnetita o per síntesi proteica), es tracta d'un nanorobot inorgànic. Aquests poden ser més tòxics pel cos ja que, un cop inserits dins l'organisme, no són compostos als quals estem acostumats. Per tal de reduir aquesta toxicitat, s'envolta el nanorobot de material orgànic.
- **Usos:** Els usos dels nanorobots en medicina són variats, i poden anar des de curar una malaltia, actuar com a "ribosomes artificials" (Elena Portales León, 2017, p. 9) fins a duplicar-se ràpidament per parar el creixement de tumors dins el cos:
 1. **Alliberadors de medicaments:** No passen dels 2 micròmetres de longitud i utilitzen la glucosa i l'oxigen de l'ambient on es troben per moure's fins a trobar la diana, on despleguen el fàrmac a la cèl·lula que li sigui necessària.
 2. **Eritròcits artificials:** Poden transportar oxigen i diòxid de carboni com si fossin glòbuls vermells. La part positiva dels nanorobots en aquest camp és que són 236 vegades més eficients que un glòbul vermell, ja que aquests nanorobots són capaços de transportar 236 vegades més oxigen que un glòbul vermell qualsevol. Això ho aconsegueix amb tres sensors: el primer és el que allibera l'oxigen a la sang, el segon és el

que recull el CO₂ i el porta cap als pulmons per a expulsar-lo del cos i el tercer agafa la glucosa que es troba a la sang per a utilitzar-la com a combustible, igual que fa el nanorobot que transporta fàrmac al seu interior.

3. **Fagòcits artificials:** Com en el cas anterior, aquests actuen de la mateixa manera que actuen els glòbuls blancs normals. Aquests descomponen els elements perjudicials que es troben a la sang en petites molècules. Aquesta tècnica és 1000 vegades més ràpida que un antibiòtic i, a més a més, no causa resistència als patògens.
4. **Altres nanorobots:** Alguns nanorobots fan també la funció de les plaquetes (Clorocists), vectors de teràpia gènica (Cromalcits)...

2.6. AVANTATGES I INCONVENIENTS

Avantatges:

- Està previst que aquests robots puguin estar dins del cos del pacient durant anys i, fins i tot dècades (això només podria ser possible amb els nanorobots orgànics, en el cas dels inorgànics al no ser biodegradables s'haurien d'extreure).
- Els temps de recuperació després d'una malaltia i les seves corresponents cures són molt menors als temps de recuperació i cures en tractaments convencionals.
- Es pot respondre molt més veloçment en cas d'un canvi en el tractament, a més a més que es poden controlar remotament des de fora en temps real, sense produir traumes als òrgans i cèl·lules

Inconvenients:

- El seu cost és molt elevat, i caldria molts recursos i temps per ser accessibles per la medicina i per a tothom.
- Al ser tan petits, totes les alteracions que es troben dins el cos poden modificar-ne el recorregut i/o altres aspectes del nanorobot, dificultant la seva tasca.

- El seu ús pot ser pervertit pels governs i superiors, i es podria alterar la privacitat dels pacients o ser utilitzats de males maneres, per exemple com a arma biològica.

2.7. APLICACIONS I USOS

A més de les aplicacions mèdiques i sanitàries (que són en les que es centra més aquest treball), els nanorobots també tenen usos electrònics, informàtics, millora de materials, energètiques i ambientals, a banda d'altres usos que poden tenir en un futur mitjà o llunyà si es continua avançant a la velocitat actual.

Com es menciona anteriorment, en la nanomedicina, els nanorobots s'utilitzen en l'ús de tractaments, diagnòstic i prevenció. Per això, es poden o es podran trobar en:

- Detecció de seqüències d'àcids nucleics a partir de nanopartícules d'or que serveixen com a tractament per al càncer i altres malalties.⁴
- La fotografia que podran fer alguns tipus de nanorobots que incorporaran càmeres serveixen per detectar malalties a temps i fer tractaments a mida pel pacient.⁵
- Nanopartícules que limiten l'HDL (High Density Lipoprotein), que és el causant del colesterol "bo". Aquest, en grans quantitats, és igual de perillós, i certes nanopartícules en limiten la seva concentració en sang.⁶
- Un material que consta de nanoporus que, un cop a dins de l'organisme, identifica molècules ràpidament i a baix cost.⁷

4 Treball referència: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6982881/>

5 Treball referència: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136759310600007X>

6 Treball referència: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6983461/>

7 Treball referència: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000527362100095X>

- El futur de la quimioteràpia, on els nanorobots portaran part del fàrmac i només actuarien sobre el tumor, afectant molt menys que la quimioteràpia convencional i sent molt menys invasiva i tòxica per al cos.⁸
- La regeneració de teixit ossi, dental o cerebral, que es basa en l'ús de nanocintes de grafè. A més a més, hi ha investigacions preliminars que mostren que les neurones creixen correctament sobre aquestes nanocintes.⁹
- Una millora de les vacunes, on es pugui aplicar el contingut de la vacuna sense necessitat d'utilitzar agulles per a la seva inoculació, a banda del fet que s'està cercant una nova vacuna més universal per a la grip que seria més eficaç i cobriria més variants.¹⁰

Per a introduir aquests nanorobots dins el nostre cos i que facin les seves funcions corresponents, aquests s'introdueixen per via intravenosa. Un cop dins, es dirigeixen cap a la seva diana i hi alliberen el fàrmac o compost concret i, si és necessari, es tornarà el nanorobot cap a fora si és que el compost que l'envolta és tòxic com per deixar-lo dissoldre dins el cos. En un futur, la IA podria ajudar a la identificació i millora del camí cap a l'òrgan diana, reduint efectes secundaris al detectar els obstacles abans de col·lisionar-hi.

2.8. ÈTICA I NANOROBOTS

En el document "Aspectos éticos de la nanotecnología en la atención a la salud" de la Universitat Autònoma Metropolitana de Xochimilco (Mèxic), el professor Jorge Alberto Álvarez Díaz ens relaciona els nanorobots amb l'ètica. Ho fa amb l'ètica aplicada, un àmbit de l'ètica que intenta donar resposta a situacions o contextos on sigui necessari, i la nanotecnologia n'és un d'aquests.

En l'àmbit de l'antropologia, l'autor creu que hi poden haver tres possibilitats:

8 Treball referència: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.9b03051>

9 Treball referència: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19096767/>

10 Treball referència: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31647394/>

1. En el primer cas es preveu la creació d'empreses internacionals vàries dedicades a la nanotecnologia. Aquestes no serien moltes, ja que la seva globalització no seria per molt.
2. En el segon cas se'ns involucra els governs (a part de les empreses que ja considera que treballarien amb els governs). Aquests utilitzarien la nanotecnologia per a posicionar-se millor. Els governs que, segons Álvarez Díaz, podrien utilitzar aquesta tecnologia serien els EUA, Japó i Europa. Aquest escenari es creu més probable, ja que aquests governs anirien fent recerca sobre aquest tema i voldrien ser els primers a utilitzar la nova tecnologia per a arribar a llocs on encara no hi havien arribat mai.
3. Aquest últim cas és més utòpic. En aquest cas, es preveu que s'aboliria l'Estat ja que la nanotecnologia seria capaç de fer-ho tot, donant lloc a governs autosuficients que no requereixen dels altres per subsistir. El poble seria ric, ja que seria possible produir gairebé qualsevol cosa amb un cost exageradament baix (gràcies al fet que ho farien els robots, accessibles per a tothom). Actualment seria impossible, ja que faltaria molta recerca, temps, desenvolupament, diners... com per a arribar a aquest nivell de desenvolupament, però no es descarta la possibilitat en un futur llunyà.

Aquestes situacions s'han fet sense tenir en compte desigualtats econòmiques. Això suposa un canvi de pensament, ja que aquests successos poden passar únicament en països desenvolupats, deixant abandonats a la resta i ampliant la desigualtat que existeix actualment. Deixant aquest tema més social, també es parla sobre com es podria passar del transhumanisme (la millora d'alguns problemes de l'ésser humà gràcies a la ciència i la tecnologia per tal de superar les limitacions humanes actuals com poden ser les malalties, l'envelliment o la mort) al posthumanisme (una realitat on els humans hem de controlar una espècie que ja no és humana, ja que ha superat les limitacions que té l'espècie, a través de més ciència i tecnologia), tot i que aquest àmbit no preocupa perquè caldria una major aplicació com per pensar en aquestes qüestions.

Des d'un punt de vista més econòmic, l'autor recull altres aspectes com el mal ús que es poden fer de les dades recollides pels nanosensors, ja que aquestes dades

poden vendre's a grans empreses per als seus beneficis. Encara que no ho pugui semblar, certes empreses com l'Oréal o Kodak ja han aplicat nanotecnologia en els seus productes. Cremes cosmètiques i pomades, càmeres fotogràfiques, raquetes i pilotes de tennis i ulleres de sol són alguns dels productes que ja la utilitzen.

En l'àmbit governamental, ell creu que hi ha una absència de lleis actualment, a causa de la poca aplicació de la nanotecnologia a gran escala. Cal, també, que tota la població i organitzacions (fàbriques, governs, pacients experimentals, fundacions benèfiques) s'uneixin i participin en el desenvolupament d'aquestes tecnologies per assegurar un desenvolupament en el màxim d'institucions mèdiques possibles. No es pot utilitzar per fer el mal (com va ser el cas de les cartes amb àntrax després del 11-S) ni per un govern ni per cap empresa, ja que passaria de fer el bé a fer el mal, sent usada com una arma biològica per sembrar el terror, donant peu a un terme (actualment de ciència-ficció) anomenat bioterrorisme.

Dins l'àmbit de salut (o també bioètica), cal tractar l'aplicació de la nanotecnologia de la mateixa manera que es faria amb un fàrmac convencional, seguint els mateixos procediments per a la seva implementació a gran escala i la mateixa durada d'aquests. Si cal, es pot utilitzar més temps del necessari en aplicacions de la nanotecnologia a dia d'avui, ja que aquesta no està molt aplicada, però en un futur aquesta medicina seguirà els mateixos procediments que un fàrmac actual.

La UNESCO, dins del document "Ética y política de la nanotecnología", argumenta que els científics han d'establir unes bases ètiques perquè, en el moment de fer els experiments o l'aplicació a gran escala del producte, no causi problemes. A part, cal que els científics publiquin les seves invencions sobre el camp i indiquin com s'han d'utilitzar, per tal de fer-ne un bon ús.

Reunint tots aquests problemes, certs experts europeus van fer una llista de recomanacions que s'han de complir que diu així:

1. "Elaborar una nova nomenclatura per als nanomaterials"
2. "Assignar a les partícules un número de registre en el Chemical Abstracts Service (en català, Servei de Resums de Substàncies Químiques)"

3. “Fer progressar la ciència, reunint dades sobre les noves nanopartícules i fent anàlisis d'aquestes”
4. “Elaborar nous sistemes de mesura”
5. “Elaborar mètodes normalitzats d'avaluació de danys”
6. “Promoure millores pràctiques en l'avaluació de danys”
7. “Crear organismes encarregats de controlar el desenvolupament de les nanotecnologies”
8. “Començar un diàleg entre el públic i la indústria”
9. “Elaborar orientacions i normes per a la producció, manipulació i comercialització dels nanomaterials, a més a més d'avaluar-ne els seus perills”
10. “Revisar les reglamentacions existents i modificar-les quan sigui necessari, a fi de tenir en compte les qualitats i condicions de les nanotecnologies”
11. “Aconseguir una contenció màxima de les nanopartícules lliures existents”
12. “Esforçar-se per suprimir o reduir al màxim l'alliberació de nanopartícules en el medi ambient, sempre i quan sigui possible”

La nanoètica és un camp emergent, on els pensadors actuals estan començant a concentrar els seus esforços per tal de no causar un col·lapse i preparar el món pel que, segons un gran grup de científics de la UAZ de Mèxic¹¹, serà la quarta revolució industrial, la de la nanotecnologia.

11 El gran grup de científics de la UAZ són: Marlen Hernández Ortiz, Juan Nicolás Moreno Medina, Imelda Ortiz Medina, Sandra Verónica García Cabrera, Maria del Carmen Arreola Medina i Tania Arreola Medina.

3. MAGNETISME I FERROMAGNETISME EN ELS NANOFÀRMACS

3.1. MAGNETISME

El magnetisme es dona en els imants, que estan caracteritzats per ser dipolars¹². La paraula té origen grec, ja que la magnetita¹³ va ser una pedra trobada a la zona grega de la prefectura de Magnèsia, a Grècia.

Normalment, quan hi ha un imant (amb pol nord i sud) i és partit, l'imant es tornarà a dividir en els dos pols anteriors, aconseguint dos imants on abans només n'hi havia un, i passem a tenir el doble d'imants però amb la meitat de potència amb la que actuen. Si es van partint tota l'estona els imants arribarem al nivell atòmic, i tindrem dos àtoms que actuaran com a tal, amb camp magnètic i tot el que comporta. A tan petit nivell podem arribar a entendre que fins i tot l'àtom més senzill, l'hidrogen, genera un camp magnètic a causa de la càrrega del protó (+) i la de l'electró (-), que són els dos pols magnètics (vegeu figura 1 per a entendre millor).

Per tal que un element o compost sigui magnètic o, més específicament, exhibeixi ferromagnetisme (explicat més detalladament dins l'apartat 3.4), hi ha d'haver dos moviments concrets: l'electró que es troba al voltant del nucli de l'àtom ha de ser de l'orbital d¹⁴ i presentar un espí¹⁵ de +½. Dit d'una altra manera, els materials ferromagnètics per excel·lència seran els que tenen configuració electrònica d⁶, d⁷ i d⁸, que són el ferro, el cobalt i el níquel.

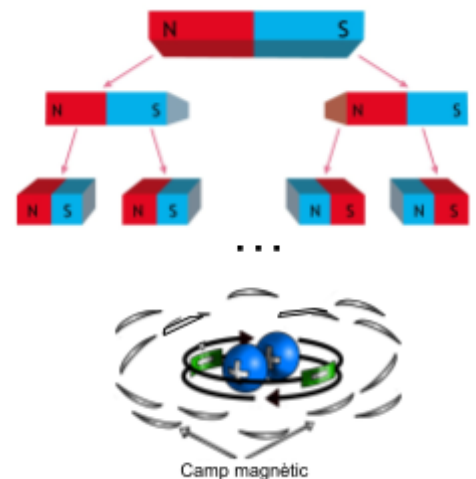


Figura 1: Magnets (Regne Unit, 2020). Font: wonkeedonkee

12 Significat de dipolar: Que conté dos pols, un representat pel color vermell, el signe positiu (+) o com a pol nord i l'altre pol de color blanc o blau, signe negatiu (-) o com a pol sud.

13 Significat de magnetita: Primer imant natural descobert. Químicament, la molècula que conforma aquest imant és l'òxid de ferro III (Fe_3O_4) majoritàriament, tot i que també en forma part l'òxid de ferro II (FeO).

14 Significat d'orbital d explicat dins el glossari de l'annex

15 Significat d'espí explicat dins el glossari de l'annex

3.2. CAMP MAGNÈTIC

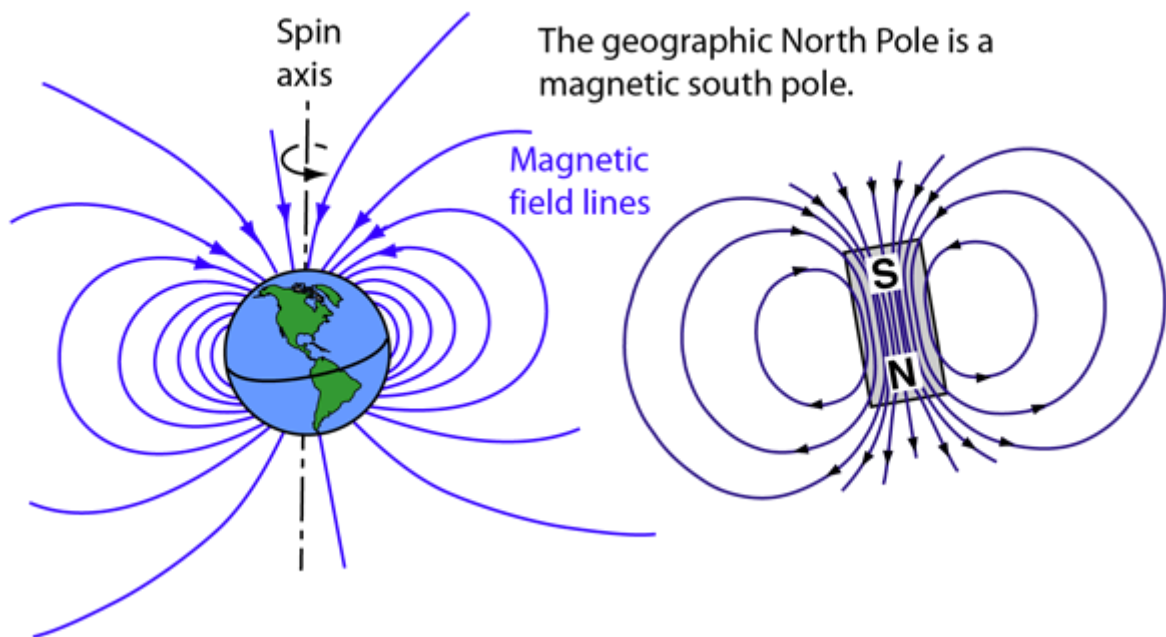


Figura 2: Comparació entre el camp magnètic d'un imant i la Terra (Georgia, EUA). Font: hyperphysics

El camp magnètic és el que s'origina entre els dos pols d'un imant. Podem pensar que només trobem imants a les parets de les neveres o entre aparells electrònics, però la veritat és que vivim sobre un imant enorme, ja que la Terra consta de dos pols enormes (Pol Nord i Pol Sud) que són els que ens dirigeixen a través de la brúixola cap als punts cardinals.

Aquest camp magnètic va ser descobert per Michael Faraday, el qual va anomenar simplement camp en el moment de fer el típic experiment de les llimadures de ferro sobre un paper i, en el moment de posar l'imant sota el paper, es fan visibles les ones del camp magnètic (vegeu imant figura 2). Com més concentrades veiem les línies, major és la intensitat del camp magnètic.

3.3. PARAMAGNETISME

Els materials paramagnètics són, segons la RAE, els que presenten una permeabilitat¹⁶ major que la del buit i són lleugerament atrets pels imants.

Un material és paramagnètic quan presenta les següents característiques:

- Els seus espins es troben orientats a l'atzar (vegeu figura 3).
- No presenten ferromagnetisme quan es troben fora d'un camp magnètic, ja que els seus espins només s'alineen conforme un camp magnètic extern a causa de la poca imantació que tenen aquests materials.
- En el cas que sí s'hi troben (s'aplica un camp magnètic H), aquests espins s'alineen conforme el camp magnètic corresponent i l'element és dèbilment atret pel camp magnètic veí (vegeu figura 3).

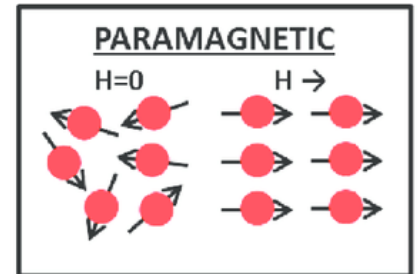


Figura 3: Representació esquemàtica dels materials paramagnètics (Pisa, 2016)
Font: Researchgate; copywrite Leonardo Ricotti

Alguns metalls que són paramagnètics són:

- Alumini
- Magnesí
- Titani
- Tungstè

3.4. FERROMAGNETISME

Els materials ferromagnètics són, segons la RAE, els que presenten un grau de permeabilitat molt alt.

En el cas del ferromagnetisme, un material ho és quan:

¹⁶ Significat de permeabilitat: Grau de magnetització d'un material. S'expressa amb la lletra grega " μ " i la seva equació és la divisió entre la intensitat del camp magnètic en el qual es troba (B) i el magnetisme generat pel material en qüestió (H).

- Els seus espins estan totalment ordenats. A diferència dels materials paramagnètics, els espins estan totalment alineats, creant un camp magnètic intern fort (vegeu figura 4).
- Al crear un camp magnètic sense la necessitat d'estar sotmesos a un camp veí, els materials ferromagnètics poden actuar com a un imant molt potent. És per això que els podem trobar en imants dels motors, piles de combustible i frens dels automòbils, discs durs, generadors d'electricitat eòlica i, fins i tot, paelles, ja que les plaques d'inducció escalfen el menjar a través de camps magnètics i, amb un material ferromagnètic, el menjar s'escalfa més ràpid.

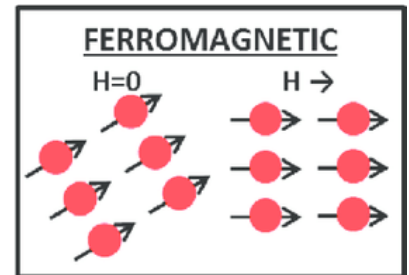


Figura 4: Representació esquemàtica dels materials ferromagnètics (Pisa, 2016)
Font: Researchgate; copywrite Leonardo Ricotti

Els materials ferromagnètics per excel·lència són tres, però també hi ha certes terres rares¹⁷ que també en presenten:

- Ferro
- Níquel
- Cobalt
- Praseodimi com a terra rara més usada en ferromagnetisme, ja que el ceri té una temperatura de Curie que fa que perdi la seva imantació a temperatura ambient

Tot i això, si volem inserir un d'aquests materials ferromagnètics dins un cos humà, cal utilitzar un material biocompatible¹⁸ amb el nostre cos, i dels materials mencionats abans, l'únic que ho és (en petites quantitats) és el ferro.

¹⁷ Explicació de les terres rares dins el glossari de l'annex

¹⁸ Significat de biocompatible: Absència de reaccions al·lèrgiques o immunitàries dels òrgans o teixits de l'organisme

3.5. TEMPERATURA DE CURIE

Aquesta és la temperatura en la qual el ferromagnetisme desapareix i el material passa a ser paramagnètic. En aquest cas, es perd la imantació del material un cop aquest arriba a una certa temperatura (que és única per cada compost). En aquest gràfic es pot veure com el níquel perd la imantació quan arriba a una certa temperatura i passa de ser un material ferromagnètic a un paramagnètic en el moment en que la seva imantació baixa a 0.

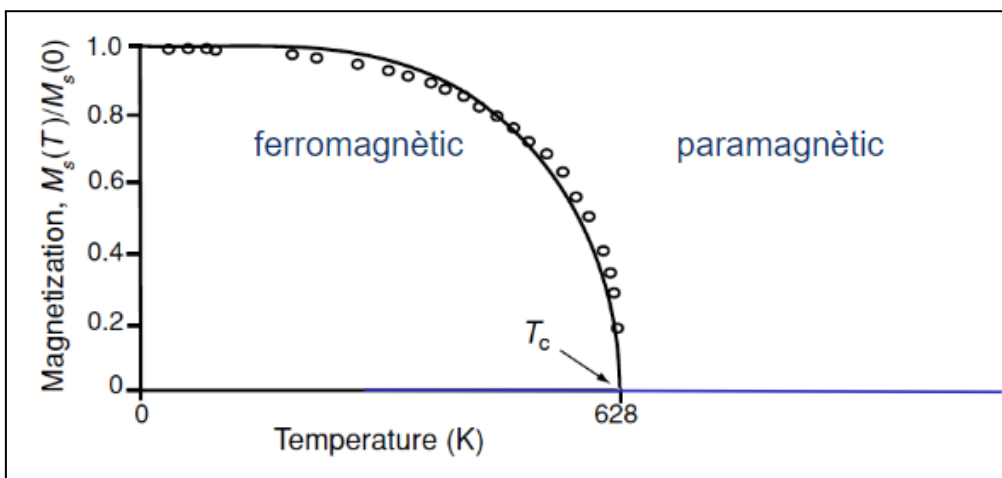


Figura 5: Gràfic de la temperatura de Curie del níquel (Dublin, 2010) Font: UAB, copywrite J. M. D. Coey

Eix X: temperatura, en Kelvins ($0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$)

Eix Y: Magnetització d'un material (1 = màxim, 0 = magnetització nula)

3.6. APLICACIÓ DELS CONCEPTES DEL MAGNETISME EN ELS NANOROBOTS

El magnetisme serveix en els nanorobots com l'encarregat del seu moviment per dins del cos. En aquest cas, s'agafen uns quants nanofils funcionalitzats amb el medicament corresponent i s'introdueixen dins del pacient al qual se li vol realitzar el tractament. Un cop dins, podem moure el nanorobot amb un imant des de fora del cos, per dirigir-lo cap a la diana. Gràcies a això, el nanorobot es simplifica, i no necessita combustible que pot intoxicar el cos ni mecanismes i engranatges complicats. Aquests nanofils actuen com les llimadures de ferro, però en un medi líquid. Si és necessari, aquests fils també es poden extreure de la mateixa manera com s'han inserit, ja que poden no ser biocompatibles amb el cos i causar més mal

del que ja hi havia abans d'intentar curar el pacient. Aquests nanofils interaccionen amb el camp magnètic generat per l'imant gràcies al fet que el material amb el que estan fets és sensible a aquests camps.

4. PART PRÀCTICA: SÍNTESI DE NANOFILS

4.1. OBJECTIU DE LA PRÀCTICA

L'objectiu principal d'aquesta pràctica és sintetitzar uns nanofils de la mida de 100 nm que ens poden servir per moure dins d'un espai el nanofàrmac desitjat. Això ho fem per a aconseguir una simplificació del nanobot, tal i com s'ha dit en l'apartat 3.6.

Per fer-nos a la idea sobre com de petits són, podem visualitzar la següent taula i veure la mida d'aquests nanofils en comparació amb altres components vitals com, per exemple, els glòbuls vermells (vegeu figura 6):

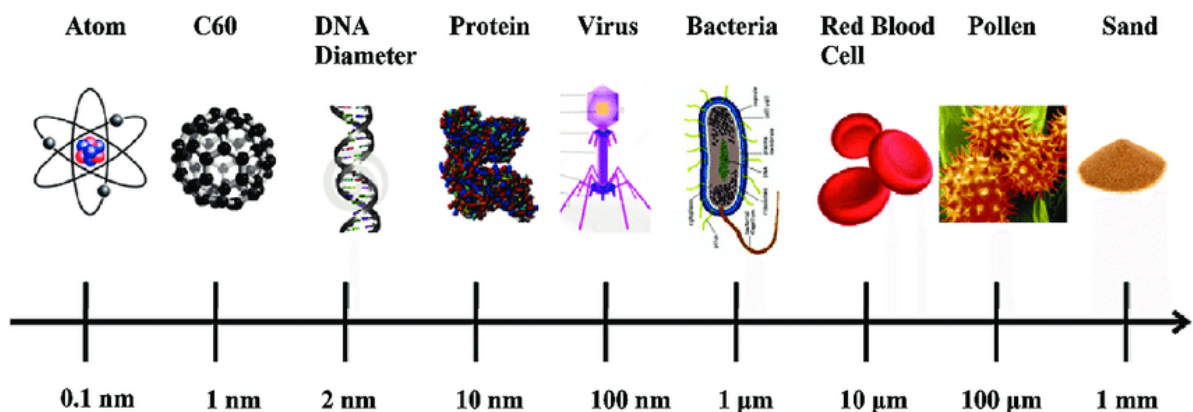


Figura 6: Escala comparativa entre diferents components (Kohat, 2016) Font: researchgate, copywrite Murad Ali Khan

4.2. MATERIAL PER REALITZAR L'EXPERIMENT

- Sulfat de ferro heptahidratat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Àcid ascòrbic (o també anomenat vitamina C)
- Glicina
- Bàscula
- Espàtula
- Vas de precipitats
- Aigua desionitzada
- Vareta
- Espiral de platí

- Xip de Si metal·litzat amb Ti i Au
- Matràs aforat
- Motlle d'òxid d'alumini (Al₂O₃)
- Sosa càustica (NaOH)
- Imant
- Pinces de plàstic
- Cocodril
- Tisores
- pH-metre
- Dissolucions tampó
- Potenciòstat-galvanostat
- Cinta i pinces de tefló
- Cel·la electroquímica
- Impressora 3D
- Làmina de coure
- Agitador magnètic

4.3. PROCEDIMENT

El primer pas que s'ha de fer és preparar una dissolució de 0,1 L que contingui els següents compostos: sulfat de ferro heptahidratat 0,2 M, àcid ascòrbic 0,0028 M i 0,1 M de glicina. Per saber quant de cada contingut cal pesar, s'ha de calcular quants grams de cada compost es necessiten. Els càlculs s'han fet amb la fórmula de la molaritat ($M = \frac{n}{V}$) i el pes molecular de cada compost. A continuació, podeu trobar els càlculs, els resultats i el pes real que hi havia de cada compost en la dissolució, ja que al ser tan precisa la balança va resultar molt difícil pesar les quantitats teòriques.

$$0,1L \cdot \frac{0,2 \text{ mols}}{1L} \cdot \frac{278g}{1 \text{ mol}} = 5,56g \text{ de } FeSO_4 \cdot 7H_2O \rightarrow 5,5633g \text{ a la dissolució}$$

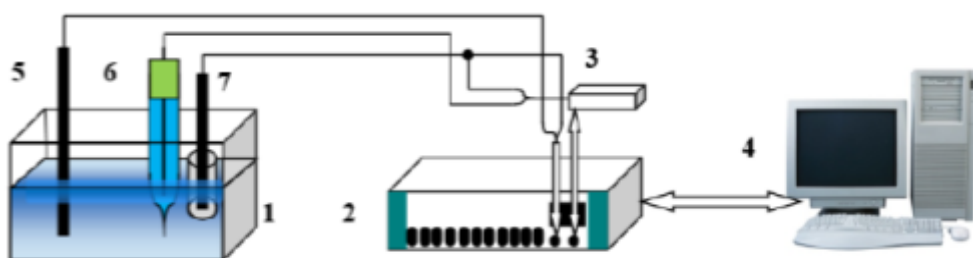
$$0,1L \cdot \frac{0,0028 \text{ mols}}{1L} \cdot \frac{176,12g}{1 \text{ mol}} = 0,04931g \text{ de } C_6H_8O_6 \rightarrow 0,0500g \text{ a la dissolució}$$

$$0,1L \cdot \frac{0,1 \text{ mols}}{1L} \cdot \frac{75,07g}{1 \text{ mol}} = 0,7507g \text{ de } C_2H_5NO_2 \rightarrow 0,0781g \text{ a la dissolució}$$

En aquest cas, la glicina i l'àcid ascòrbic no precipiten cap òxid de ferro ni hidròxids, estableixen el Fe^{2+} en la dissolució i n'estabilitzen el pH per tal que no pugui augmentar abruptament, fet que faria precipitar el ferro.

Un cop feta aquesta dissolució, cal apuntar certes dades com el pH i la temperatura, ja que depenent d'aquesta, el pH pot canviar. Abans de posar el pH-metre¹⁹ a la dissolució, cal calibrar-la amb dissolucions tampó²⁰. En aquest cas es van utilitzar dissolucions tampó de pH 4 i 7, després de comprovar que la calibració era correcta, va ser el moment de calcular el de la nostra dissolució, sent aquesta de 3,6 a 26,5°C.

Després, cal dur a terme la primera electrodeposició²¹, que servirà per veure si la dissolució que s'ha preparat és correcta. Per a fer-ho, s'ha d'agafar un xip de Si metal·litzat amb Ti i Au. Amb un cocodrill, s'hi col·loca el xip i es cobreix amb la cinta de tefló, per tal de no mullar el cocodrill per dins. Mentre es fa això, cal preparar la cel·la electroquímica per fixar la temperatura de treball, que és de 25°C.



1: Cel·la electroquímica, 2: potenciòstat/galvanostat, 3: Amplificador diferencial, 4: Ordinador, 5: Càtode²², 6: Elèctrode de referència, 7: Ànode²³

Figura 7: Sistema d'electrodeposició (Panevezys, 2013), font: researchgate, copywrite Inga Morkvenaite-Vilkonciene

19 Definició de pH-metre: Aparell que mesura el pH de les dissolucions.

20 Definició de dissolució tampó: Tipus de dissolució que té un pH invariable i serveix per calibrar el pH-metre

21 Definició de electrodeposició: Mètode per cobrir objectes amb una pel·lícula de metall, en aquest cas, de ferro

22 Definició de càtode: Extrem del circuit elèctric que rep el corrent elèctric. És marcat amb signe negatiu (-)

23 Definició d'ànode: Extrem del circuit elèctric que transmet el corrent elèctric. És marcat amb signe positiu (+)

Tot seguit, cal introduir un ànode i un càtode (tal i com podem veure a la figura 7). En aquest cas, l'ànode serà un espiral de platí, i el càtode el substrat a recobrir amb l'electrodipòsit de Fe. Entre els dos elèctrodes trobarem el de referència, que en el nostre cas és de Ag/AgCl. Tot això quedarà d'aquesta manera (vegeu figura 8).

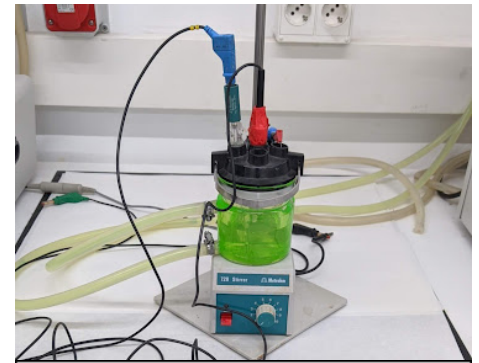


Figura 8: Cel·la electroquímica preparada per l'experiment (Bellaterra, 2022) Font pròpia

Dins de la cel·la cal afegir la dissolució preparada anteriorment, ja que aquest conté els ions de Fe que es reduiran a Fe metàl·lic sobre el substrat. Per a realitzar la prova, cal posar un corrent negatiu de 0,025A durant 5

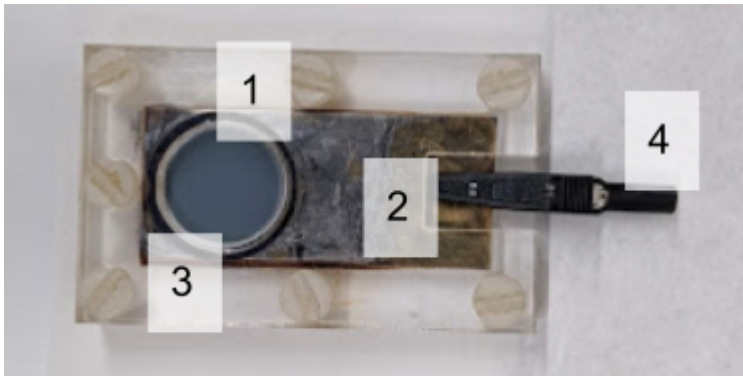
minuts, ja que només cal comprovar si tot està correcte i, en aquest cas, va ser així. El ferro va dipositar-se correctament sobre el xip i en el codi QR es pot veure aquesta deposició (vegeu figura 9).

Després de comprovar que, tant la dissolució com el potenciòstat/galvanostat fan les seves funcions correctament, és moment de fer créixer els nanofils de ferro. És per això que ara es necessita com a substrat una membrana amb nanoporus²⁴, de manera que el Fe metàl·lic s'electrodipositi en el seu interior tot creant nanofils. La membrana en qüestió és d'òxid d'alumini (Al_2O_3) i fa el paper de motlle. Com que l'òxid d'alumini és aïllant, una de les seves cares s'ha metal·litzat prèviament per tal de fer-lo conductor, altrament l'electrodeposició no tindria lloc. S'ha d'agafar un d'aquests motlles i, molt cuidadosament, posar-lo dins d'un portamostres de plàstic (fet anteriorment amb una impressora 3D). Entre el motlle d'alúmina i el portamostres, es col·loca una làmina de coure per assegurar el contacte elèctric del conjunt a través del corresponent cocodrill (vegeu figura 10):



Figura 9: Codi QR del vídeo de la deposició de Fe (Bellaterra, 2022) Font pròpia

²⁴ Definició de nanoporus: Material que presenta porus de mida nanomètrica i pot servir com a motlle per a la síntesi de nanofils.



- 1: Disc d'òxid d'alumini
- 2: Làmina de coure
- 3: Placa de plàstic
- 4: Cocodril

Figura 10: Preparació experiment abans de posar-ho a la cel·la electroquímica (Bellaterra, 2022) Font pròpia

Un cop ja està tot preparat, cal introduir els paràmetres correctes al potenciòstat/galvanostat per tal que el ferro es redueixi i dipositi dins els nanoporus del motlle. Per això, es requereix una certa quantitat de càrrega conforme la seva àrea (vegeu càlculs després d'aquest paràgraf) que, en aquest cas, és de 17,67C, a una intensitat que també depèn de l'àrea (-2,45A), a una velocitat de 200 rpm, a 25°C i amb el mateix pH de la dissolució que abans, de 4. Un cop el programa està preparat, s'ha d'aplicar el corrent de forma polsant cada 8ms, la qual cosa s'alterna amb polsos de repòs de 600ms per permetre la deposició de ferro dins els nanoporus.

$$\text{Àrea} = \pi r^2 = 0,025^2 * \pi = 0,0019m^2 \frac{10^4cm^2}{1m^2} = 19,63cm^2$$

$$19,63cm^2 \frac{-0,125A}{1cm^2} = -2,45A \quad 19,63cm^2 \frac{900mC}{1cm^2} = 5625\pi mC \frac{1C}{1000mC} = 17,67C$$

Les dades utilitzades surten del radi del motlle d'òxid d'alumini (0,025m) i, a partir d'aquí, utilitzem les fórmules d'àrea (πr^2) i dos factors de conversió amb les dades utilitzades en l'eletrodeposició anterior en base a l'àrea per tal de trobar la intensitat (-2,45A) i la càrrega (17,67C) a aplicar.

Mentre es fa la deposició, s'ha de preparar una dissolució de pH bàsic a base d'hidròxid de sodi (o també conegut com a sosa càustica) del 10% en pes, que servirà per eliminar de forma selectiva el motlle d'alúmina. Com que no se'n requereix una gran quantitat, els càlculs són aproximats per a una dissolució de 25 mL:

$$25 mL \frac{10g NaOH}{100mL} = 2,5 g de NaOH \rightarrow 2,49g a la dissolució$$

Aquesta dissolució s'escalfarà en un agitador magnètic²⁵ a una temperatura de 80°C, per separar més ràpidament els nanofils del “motlle” d'òxid d'alumini en el que es troben.

Just quan l'electrodeposició ha acabat, s'introdueix el motlle que conté els nanofils dins la dissolució d'hidròxid de sodi. Amb això aconseguirem dissoldre la matriu d'òxid d'alumini, tot alliberant els nanofils, que quedaran suspesos en la solució (vegeu figura 11):

Per acabar, només caldria eliminar l'hidròxid de sodi del medi per tal de tenir els nanofils en aigua desionitzada. Per a aconseguir-ho,

només cal anar buidant el vas de precipitats on hi ha la dissolució amb els nanofils i, en el moment en què queda el que ens interessa, anar-ho mullant amb l'aigua per neutralitzar²⁶ el pH. Després de repetir-ho tres vegades, es poden deixar els nanofils dins d'un petit tub on es guardaran i serviran per veure com de petits són amb l'ajuda d'un microscopi electrònic²⁷ i com, amb un imant, podem atreure una enorme quantitat d'aquests cap a la direcció desitjada, tal i com es podria fer a la vida real.



Figura 11: Codi QR del vídeo dels nanofils en NaOH (Bellaterra, 2022)
Font pròpia

4.4. PRODUCTE FINAL

Dins del tub no es pot veure del tot bé com són aquests nanofils individualment, òbviament, i, gràcies a unes imatges facilitades, deixo uns quants nanofils visualitzats a través d'un microscopi electrònic (amb les seves respectives escales), a més de la foto de la suspensió de nanofils a simple vista i com l'imant els dirigeix cap a ell:

25 Definició d'agitador magnètic: Aparell que serveix per mesclar dissolucions de manera homogènia a partir del camp magnètic que genera.

26 Definició de neutralització: En les reaccions àcid-base, la neutralització es refereix en tornar una dissolució d'àcid a neutra (una dissolució és àcida quan el seu pH és menor que 7 i és neutra quan el pH és de 7).

27: Definició de microscopi electrònic: Microscopi que utilitza els electrons en comptes de la llum per visualitzar els objectes, fet que permet visualitzar objectes molt més petits.



Figura 12: Producte final part pràctica (Solsona, 2022) Font pròpia

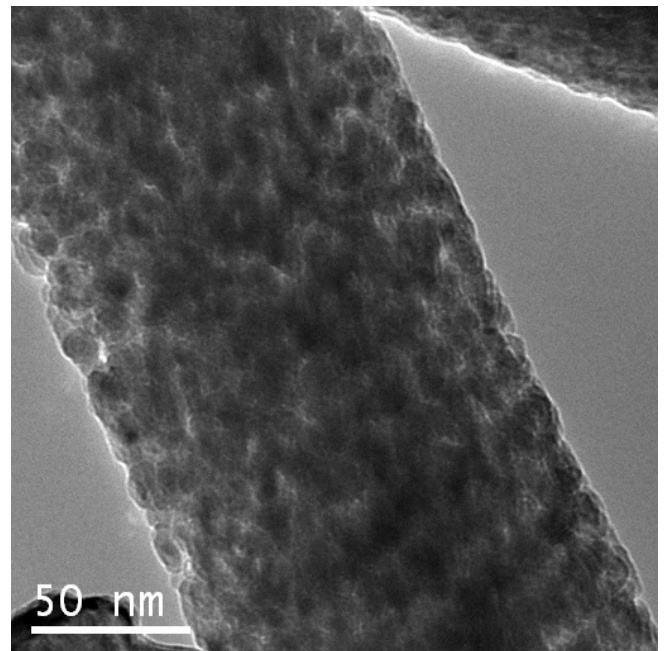
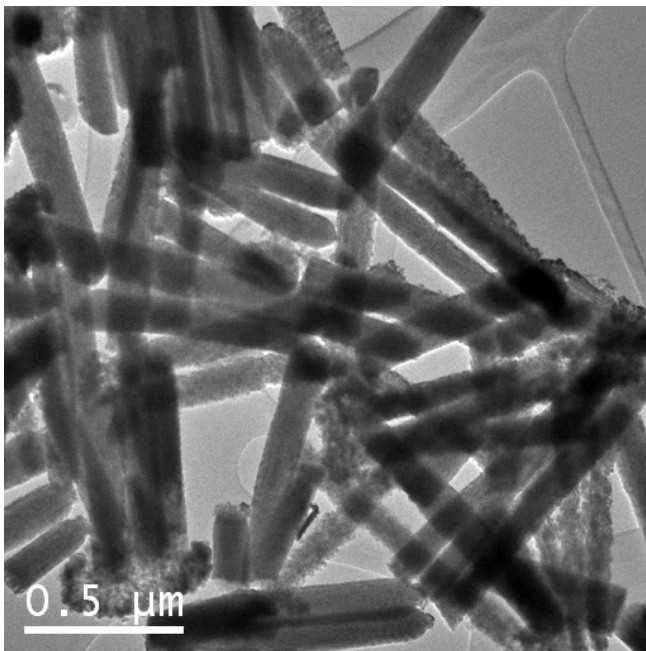


Figura 13 i 14: Nanofils de ferro en un microscopi electrònic (Bellaterra, 2022) Font: UAB

5. PART PRÀCTICA: ENTREVISTA A UN PACIENT QUE HA UTILITZAT LA NANOTECNOLOGIA EN EL SEU TRACTAMENT

5.1. INTRODUCCIÓ: MICROESFERES D'Y-90

Encara que pugui semblar molt novedós, la nanotecnologia ja està implantada en certs tractaments en contra del càncer. Una d'aquestes és la radioembolització amb microesferes d'itri 90 (Y-90), un isòtop²⁸ de l'itri que serveix com a tractament del càncer. Aquest tractament està centrat en tumors hepàtics no operables, a més a més de metàstasis hepàtiques i altres cancers com el de colon o el de mama.

Aquest tractament no cura el càncer en qüestió, només en redueix la simptomatologia i redueix la mida del tumor.

5.2. COM ÉS EL TRACTAMENT?

Abans de començar el tractament, cal fer molts estudis per confirmar que el cos no rebutja el tractament. Per això, es fan anàlisis de sang i algun TAC²⁹ per veure com va el tumor. A més a més, s'informa exhaustivament el pacient abans d'iniciar el tractament i se li contesta totes les seves possibles preguntes, per tal que el pacient pugui decidir si vol fer el tractament o no.

Un cop el pacient ha acceptat fer el tractament, es pot iniciar amb aquest procés. Primerament, es col·loca un catèter³⁰ dins l'artèria hepàtica (zona de l'engonal) ja que és la via d'aliment de la sang pel fetge, i s'introdueixen les microesferes carregades

28 Definició de isòtop: Els àtoms d'un mateix element no tenen la mateixa quantitat de neutrons i, dins de cada element, les variacions entre la suma de protons i neutrons són els isòtops de cada element.

29 Definició de TAC: Tècnica que utilitza els raigs X per a fer fotos dels òrgans

30 Definició de catèter: Instrument que es col·loca dins del cos per a permetre un major moviment dels fluids que es mouen dins del lloc on s'han col·locat

del medicament per batallar contra el tumor. Van cap al tumor seguint l'artèria i alliberen el medicament, emetent radiació amb la qual acaba amb la vida del tumor. Això s'aconsegueix bloquejant el subministrament d'oxigen i nutrients dels tumors que, juntament amb la radiació, permet un augment de les cèl·lules normals i una reducció de les tumorals.

5.3. AVANTATGES I INCONVENIENTS DEL TRACTAMENT

Avantatges:

- Aquest tractament, a part de reduir o aturar el creixement del tumor, suposa menys efectes secundaris a la radioteràpia convencional, ja que s'utilitza una radiació més alta però més concentrada en el tumor.
- Segons dades de la Clínica Universitaria de Navarra, aquest tractament permet el control del càncer en un 80% dels casos, mentre que la web radiologyinfo.org (una web nord-americana formada per la *Radiological Society of North America* i la *American Radiology College*) afirma una millora del càncer (no cura) d'entre el 75% i 90%, amb certes excepcions com el 95% de probabilitats de millora en les metàstasis de tumors del colon.
- Augment en un 30% de probabilitats de realitzar una operació després del tractament amb microesferes, ja que no requereix l'extracció de tal quantitat de fetge per extreure el tumor que, abans, era insuficient per viure.

Inconvenients:

- A causa de la incisió que es realitza a la pell, hi poden haver infeccions que necessitin, en alguns casos, ús d'antibiòtics.
- L'aplicació del catèter comporta certs efectes secundaris que poden danyar els vasos sanguinis
- En el 2% dels pacients les microesferes no es depositen en el lloc del tumor i acaben en altres òrgans, causant úlceres al fetge o al duodè.
- El 20% dels pacients no accepten el tractament, ja que el cos del pacient està molt deteriorat a causa del tractament convencional.

5.4. EXPERIÈNCIA PERSONAL

Després de conèixer que hi havia tractaments contra el càncer que aplicaven la nanotecnologia, vaig creure necessària una entrevista a un d'aquests pacients, i vaig tenir la sort de trobar el Lluís. Ell va ser un dels pacients que van participar en aquest tractament aquí, a Catalunya, i va acceptar explicar la seva experiència pel treball.

Ell pateix un hepatocarcinoma, un tipus de càncer de fetge, i la quimioteràpia el deixa molt tocat. Després de fer-li els testos mencionats anteriorment, van veure que era un pacient que podia acceptar el tractament amb microesferes. Em va explicar que els metges li van ensenyar, amb moltes imatges i informació, els procediments del tractament, i que li van resoldre tots els dubtes, ja que li van explicar el tractament d'una manera molt comprensible per a ser entesa pels pacients. Tot i això, la teoria va ser millor que la pràctica, ja que el seu cos va rebutjar el tractament (forma part del 20% dels pacients que el rebutgen) i, segons els metges que el van atendre, era causat per la qualitat de les venes, ja que aquestes “estaven fetes de mantega” després dels cicles de quimioteràpia i radioteràpia fets anteriorment.

Encara que el Lluís no va sortir-ne beneficiat del tractament, el valora molt bé, ja que creu que la medicina individualitzada (com les microesferes) és el futur. Això ho creu ja que ha conegut gent que, amb tractaments innovadors i individuals com el seu, l'han curat del càncer que patia, mentre que amb el tractament convencional no millorava. Recomana que la gent confiï en els professionals mèdics, ja que són gent que volen el bé pels pacients i que es curin tot i les possibles complicacions que puguin tenir. A més a més, ell diu que “Cuidar-te no evita el càncer. Tot i que ell ha tingut cura del seu cos, això l'ha recompensat en el moment de fer el tractament, ja que li ha sigut més fàcil i ha respost millor que altra gent que s'ha cuidat menys. La recompensa ve al final.”

Com a conclusió del treball, ell em va dir una frase que crec que sentència molt bé l'entrevista i encara més el treball que diu així: “Tot és bo, però no tot és bo per a tothom”, ja que la nanotecnologia és bona, però pot no ser bona en tots els casos, com va ocórrer amb ell. És per aquest motiu que he decidit posar la frase en qüestió com a frase lapidària.

6. CONTRAST DE LA HIPÒTESI

Abans de fer el contrast, cal recordar la hipòtesi mencionada al principi de treball que deia el següent:

“Els nanorobots són una eina que poden ajudar a solucionar, de noves maneres, malalties actuals. La combinació de múltiples camps científics faran que s’ampliï les possibilitats que tenen actualment els robots, i canviarà el món de la medicina. Tot i això, a causa de les diferents tecnologies i components que porten els nanorobots, poca part de població es podrà permetre un tractament amb nanorobots si és que al final s’aconsegueix obrir-ho al públic general”.

A trets generals, la hipòtesi ha resultat ser parcialment certa. Els tractaments amb nanorobots encara són massa lluny de l’actualitat, però les tècniques com la micro esferificació d’itri ja s’està aplicant, i no des de fa poc. A Navarra ja fa 20 anys que aquesta tècnica s’utilitza, i és més exitosa que els tractaments convencionals. Si no fos per aquestes innovacions en medicina, no seriem on ens trobem actualment, debatent sobre si aquestes innovacions poden canviar el món. En tema de robòtica, la cosa encara està “verda”. Falta més experimentació i acabar de realitzar bones programacions però és molt probable que, en una dècada, aquests experiments amb nanorobots ja es facin i, en dues dècades, ja trobem tractaments amb ells en centres mèdics, tot i que només en centres especialitzats i amb molt suport econòmic darrere que ajudarà a avançar enormement la medicina. A part, aquesta tecnologia només la veurem en països més desenvolupats i/o que aposten per aquestes propostes, com són els Estats Units d’Amèrica i en parts d’Europa. La unió de diferents camps científics ja s’ha realitzat, i només és qüestió de temps de veure els fruits de la recerca que es porta fent des de ja fa anys.

7. CONCLUSIÓ

Abans de fer el contrast, cal recordar els objectius mencionats al principi de treball que deien així:

- *“Aprendre nous conceptes que puguin ser útils en un futur, tan estudiantils com per al dia a dia”.*
- *“Saber recollir informació fiable i de qualitat a través de mitjans segurs, a part d’adquirir una autonomia per fer pròxims treballs”.*
- *“Conèixer les diferents aplicacions que poden tenir els nanorobots”.*
- *“Aprendre les bases del magnetisme dels materials, i tot el que ho relaciona”.*
- *“Ser conscient de totes les implicacions que poden tenir els nanorobots, tant dins el cos com a la societat en general”.*
- *“Augmentar la informació sobre nanotecnologia en català”.*

Els objectius han sigut assolits, he après nous conceptes sobre nanotecnologia, possibles aplicacions dels nanorobots, magnetisme, funcionament dels fàrmacs i, sobretot, molts aspectes ètics aplicats en casos pràctics. A més d’això, he sabut recollir informació de fonts fiables, a part d’extreure el contingut que és rellevant dels treballs consultats. Per acabar, aquest document és un dels primers en l’àmbit de la nanotecnologia escrits en català i és molt important per expandir la nostra llengua en la ciència, ja que la llengua majoritària utilitzada en la ciència és l’anglès i deixa de banda tots els altres idiomes.

En general, el treball dona a conèixer la nanotecnologia i els nanofàrmacs més en profunditat i no només està enfocat en un únic camp, arriba a la part de l’ètica, que moltes vegades és igual o més important que la creació de noves tècniques o aparells per curar malalties, fet que abasteix un major públic. A més, la implantació dels nanorobots, nanofàrmacs i la nanotecnologia no només pot influir, en un futur, acadèmicament, sinó que també afectarà la nostra societat des de la nostra salut, economia i la concepció de la humanitat en sí.

En aquest treball s’ha explicat l’estructura bàsica dels nanorobots i els conceptes que l’envolten, a part de la seva història i el seu funcionament, sobretot en l’àmbit

mèdic, però també en les aplicacions que poden tenir en altres llocs i els avantatges i inconvenients dels seus usos, ja que els tractaments individualitzats tenen molts avantatges respecte dels convencionals però suposen més recursos, estudis i problemes ètics.

La gran diferència de resultats exitosos que hi ha entre els tractaments individualitzats i no convencionals amb els tractaments tradicionals és significativa. Per això, cal una aplicació d'aquestes innovacions que aconseguen millors resultats i, per aconseguir això, cal més finançament per realitzar els experiments i una major aplicació d'aquests tractaments en els casos que es poden realitzar. Sense aquesta aplicació, no serveix de res el progrés de la ciència i igualment al contrari, la ciència no progressarà si no veu que les seves propostes són utilitzades. Associacions com la NNI són indispensables en l'exposició cap a la societat d'aquestes innovacions, ja que els permet visualitzar i ensenyar tots els avenços que es fan amb finançaments per part de l'Estat, principal interessat en el benestar de la seva població.

La clau per realitzar tots els canvis i basar tots els moviments per aplicar la nanotecnologia és l'ètica però, amb les bases actuals que hi ha acordades per la UNESCO (mencionades dins l'apartat 2.8) no arribaran a durar, ja que l'explosió de la nanotecnologia es troba a les portes i, en poc temps, resultaran insuficients. Tot i això, són una base del que haurà de ser unes normes amb les quals basar l'execució dels nanorobots i la nanotecnologia.

La frase lapidària proferida pel Lluís té una relació molt forta en aquest treball: si no s'utilitza correctament la nanotecnologia i els nanorobots, l'eina passarà de ser una revolució beneficiosa per la població a una nova dificultat. Cal saber-la utilitzar correctament i potenciar-la el màxim possible, sense deixar de pensar en què totes les decisions per es puguin prendre afectaran la vida de la població i no només un número o unes dades. Si s'utilitza per augmentar els beneficis d'una empresa o un estat, la nanotecnologia perdrà tot el sentit, ja que passarà de buscar la millora de la salut de la població a la millora de les butxaques dels que la implementen. A més a més, parlant una altra vegada de la salut, els tractaments poden no funcionar i

caldría utilitzar els tractaments tradicionals o que utilitzin una altra tecnologia com a alternativa.

“La nanotecnologia és bona, però pot no ser bona per a tothom”.

8. AGRAÏMENTS

Aquest treball no hagués sigut possible sense la tutora del treball ni l'ajuda externa rebuda. Ambdós han sigut clau en l'execució del treball, l'accés a informació sobre aquest àmbit i en l'ajuda de certs conceptes que se'm feien complicats d'entendre. En concret, la persona de la qual he rebut ajuda externa m'ha ajudat sobretot en el marc pràctic, a més de l'explicació del magnetisme durant l'estiu per acabar d'entendre la interacció dels nanofils amb els imants. Per altra part, la tutora m'ha ajudat a portar el treball a termini, en l'execució del treball i en l'apartat ètic, element que ara trobo indispensable en aquest treball. Sense elles, aquest treball no existiria i no hauria vist la llum.

A més a més, vull agrair al Lluís Guzmán, que la seva experiència dins aquest camp com a receptor d'un tractament vanguardista m'ha fet interpretar el treball des d'una perspectiva diferent, deixant de pensar tant en els números i més amb els pacients que reben els tractaments, a part d'explicar-me la seva experiència personal. Li desitjo tota la sort i confio que la batalla contra el càncer la guanyarà, n'estic segur!

Per acabar, també agraeixo l'esforç que ha fet la meva família en aguantar certs moments on els preguntava dubtes que tenia, encara que els pogués resultar incomprendible el que els deia, m'han ajudat en tot el que han pogut.

9. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

Webgrafia:

Nanorobots en terapia dirigida: Elena Portales León (2017) [Consulta: gener, febrer, març, abril, maig i juny de 2022]

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ELENA%20PORTALES%20LEON.pdf>

Nanobots: development and future: J.R.Vega Baudrit, B.Gutierrez, C.Villalobos, Y.R.Corrales i S.Vargas (2017) [Consulta: abril de 2022]

<https://medcraveonline.com/IJBSBE/nanobots-development-and-future.html>

Aspectos éticos de la nanotecnología en la atención a la salud: Jorge Alberto Álvarez Díaz (2016) [Consulta: abril, maig, juny, agost, setembre i octubre de 2022]

<https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/nanotecnologia.pdf>

The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine: S. Badya, M. Adeel, T.Tuccinardi, M.Cordani i F.Rizzolio (2019) [Consulta: abril i setembre de 2022]

<https://www.mdpi.com/1420-3049/25/1/112/htm>

From nano to the future: Judit Merino (2018) [Consulta: maig i juny de 2022]

<https://drive.google.com/file/d/10erE3GMloVo2f-DDKGvgoupZVa6XmeWS/view?usp=sharing>

Nanosensores de aplicación en salud: Inmaculada del Rocío Perejón Rubio (2020) [Consulta: juny i setembre de 2022]

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/103307/PEREJON%20RUBIO%20INMACULADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EL FUTUR DE LA MEDICINA: NANOFÀRMACS I NANOTECNOLOGIA

Nanotechnology: History and future: J.E Hulla, S.C Sahu i A.W Hayes (2015)
[Consulta: juny de 2022]

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0960327115603588>

Applications of Nanotechnology: National Nanotechnology Initiative (2022) [Consulta: juny ,agost, setembre i octubre de 2022]

<https://www.nano.gov/about-nanotechnology/applications-nanotechnology>

HOY SÍ que vas a entender el ELECTROMAGNETISMO: J.Santaolalla (2019)
[Consulta: agost de 2022]

https://www.youtube.com/watch?v=_lrWlogPNFo

Magnetic Field of the Earth: R. Nave (1999) [Consulta: agost i setembre de 2022]

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/MagEarth.html>

Gobernanza de la nanomedicina: una revisión sistemática: Soto-Vazquez, R., Záyago Lau, E., & Maldonado López, L. (2021) [Consulta: setembre del 2022]

<http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/69682>

Nanociencia y nanotecnología: F.Peralta (2020) [Consulta: setembre del 2022]

<https://ubiquisciencia.medium.com/nanociencia-y-nanotecnolog%C3%ADa-62056c7ebde>

Radioembolización (TARE-Y90) para tumores de hígado: A.Aguado, MD (2019)
[Consulta: setembre i octubre del 2022]

<https://kidshealth.org/es/parents/radioembolization.html>

Radioembolización con microesferas de Ytrio90: CUN (2012) [Consulta: setembre i octubre del 2022]

<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/tratamientos/radioembolizacion-microesferas>

Hepatocarcinoma: CUN (2010) [Consulta: setembre i octubre del 2022]

<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/hepatocarcinoma>

Países que consideran la ética dentro del desarrollo nanotecnológico: M.Hernández, J.N.Moreno, I.Ortiz, S.V.García, M.C.Arreola i T.Arreola (2020) [Consulta: setembre i octubre del 2022]

https://cio.mx/archivos/miscelanea_Cientifica_en_Mexico_2020/Tomo_III_CS.pdf#page=59

Terapia de embolización para el cáncer de hígado: American Cancer Society (2019) [Consulta: octubre del 2022]

<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-higado/tratamiento/terapia-de-embolizacion.html>

Radioembolización: RSNA (2019) [Consulta: octubre del 2022]

<https://www.radiologyinfo.org/es/info/radioembol>

Ética y política de la nanotecnología: UNESCO (2007) [Consulta: octubre del 2022]

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000145951_spa/PDF/145951spa.pdf.multi

Magnetismo: Universidad de Vigo (2012) [Consulta: octubre del 2022]

https://quintans.webs.uvigo.es/recursos/Web_electromagnetismo/magnetismo_definiciones

Bibliografía:

Salvador Serra, Montserrat Armengol i Solé i Joan Mercadé i Capellades (2018) *Física 2 Batxillerat*

Pilar Compte i Elisabet Contra (2019) *Química 1*

Éditions Larousse (2006) *Enciclopedia Universal Larousse: Volumen 18 (mag-mer)*

IQ. ANNEX

10.1. GLOSSARI

Orbital d: Tots els àtoms presenten orbitals, els quals es diferencien en els nivells d'energia. En el cas dels materials que presenten ferromagnetisme, que són metalls de transició, cal que hi hagi electrons desaparellats en els orbitals d. Per a saber si un electró es troba en un orbital d, cal comptar el nombre d'electrons que conté l'element en qüestió en estat fonamental i, per a fer-ho, cal seguir l'escala següent, començant per la fletxa més curta i anant-les seguint (vegeu figura 15).

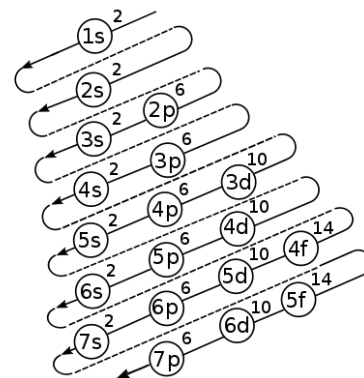


Figura 15: Diagrama de configuració electrònica (2018) Font: Wikipedia

Espí: Per a representar el sentit del gir que fan els electrons dels àtoms, es representen com a $+1/2$ i $-1/2$. Si

rota en el sentit de les agulles del rellotge, aquest electró gira en sentit positiu i, si gira en sentit antihorari, és negatiu. Forma part dels nombres quàntics, que determinen els orbitals i electrons d'un àtom.

Terres rares: Grup d'elements de la taula periòdica que inclou l'itri, l'escandi i tots els lantanoides. Aquests elements es troben en abundància, però cal extreure grans quantitats a les mines per a obtenir una quantitat significativa de l'element en qüestió, ja que es troben barrejats amb molts altres elements. La seva aplicació és indispensable en molts productes que utilitzem actualment: mòbils, televisions, cotxes elèctrics i híbrids, míssils, satèl·lits, avions i fins i tot aerogeneradors. Més informació sobre les terres rares dins l'apèndix, on es parla sobre les terres rares i la guerra de terres rares

II. APÈNDIX

Terres rares: La necessitat del primer món per la sostenibilitat i obtenir energia neta va causar un augment enorme en la demanda de les terres rares, les quals el 85% s'extreuen de mines xineses. Davant d'aquesta alta demanda i l'alta explotació xinesa, el país asiàtic va aprofitar-se'n de la situació i va inflar el preu al seu gust. Això va causar una crisi durant el 2011 i el 2012 ja que el preu va ser disparat per les empreses xineses, ja que controlaven tot el monopoli de les terres rares. Estats Units volia una menor dependència de les terres rares xineses, i va apostar per l'explotació de mines pròpies, tot i que resulten insuficients per assolir la demanda del seu país, però ajuda a controlar els preus.

Mentre EUA i la UE vol una energia més neta, l'extracció d'aquests minerals resulta molt contaminant. Ja hi ha hagut problemes per extreure terres rares a països europeus, però en el moment d'extreure-les de mines africanes o asiàtiques, sembla que aquestes mines no contaminin a ulls dels líders ecològics.

Aquí a Espanya es troben certes reserves de terres rares. Per exemple, a Ciudad Real, hi ha una de les mines més importants d'Europa però, per motius ecològics, no s'ha acabat d'explotar. Altres llocs importants també són les illes Canàries, ja que s'hi troba el jaciment més gran del món de tel·luri i, a Galícia, es troben certes mines de terres rares (a més de coltan, un altre mineral altament apreciat per a fer aparells electrònics).