

Portal educatiu NANOYOU

Educational resource NANOYOU

Judith Linacero Blanco i Álvaro Mata Chavarria / Parc Científic de Barcelona. Plataforma de Nanotecnologia

Rosina Malagrida Escalas / Parc Científic de Barcelona



resum

La rellevància i la transcendència de les nanotecnologies han crescut exponencialment en les últimes dècades. Els avenços aconseguits en el desenvolupament de noves tecnologies i de nous materials han fet que les nanotecnologies tinguin cada cop més aplicacions en diferents branques de la ciència, com ara la medicina, la química o les energies renovables. El gran impacte d'aquestes a les nostres vides ha dut el Parc Científic de Barcelona, juntament amb altres institucions europees, a desenvolupar eines educatives per apropar-les a les aules. En aquest article s'introdueix la diversa tipologia dels materials didàctics que es troben publicats al portal NANOYOU (<http://www.nanoyou.eu>) i, en concret, una de les activitats experimentals: l'anàlisi de les propietats dels nanomaterials en funció del seu grau d'hidrofobicitat.

paraules clau

Nanotecnologies, eines educatives, NANOYOU, nanomaterials, superhidrofòbia.

abstract

The relevance and the importance of nanotechnologies has grown exponentially in recent decades. The progresses in new technologies and materials have increasingly allowed nanotechnologies to find applications in diverse fields, such as medicine, chemistry and renewable energy. The impact of this on our lives has lead the Barcelona Science Park, together with other institutions in Europe, to develop educational tools to approach this field of science within the classroom. This article introduces the different educational tools, which are published in the NANOYOU portal (<http://www.nanoyou.eu>), as well as one of its experimental activities, which analyses the properties of nanomaterials based on their degree of hydrophobicity.

keywords

Nanotechnologies, educational tools, NANOYOU, nanomaterials, superhydrophobicity.

Nano-, del grec *nánnos*, 'nan', significa «una mil milionèsima (10^{-9}) part» i s'aplica a noms d'unitats de mesura per designar-ne el submúltiple corresponent (símbol, n). Així, un nanòmetre es defineix com la mil milionèsima part d'un metre ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Tal com veiem a la fig. 1, un nanòmetre equival aproximadament al radi de la doble hèlix de l'ADN. La fig. 1 mostra imatges amb exemples per ajudar a situar què entenem per nano-

Les nanotecnologies engloben, doncs, l'estudi dels fenòmens i de la manipulació dels materials a escala nanomètrica. Els materials reduïts a aquesta escala poden mostrar propietats molt diferents en comparació amb les que presenten a escales més grans, la qual cosa permet obtenir possibles aplicacions úniques. Per exemple, algunes substàncies opaques arriben a ser transparents (coure), alguns materials inerts es converteixen en catalitzadors (platí),

alguns sòlids es converteixen en líquids a temperatura ambient (or) i alguns aïllants es converteixen en conductors (silici). Materials com l'or, químicament inerts a escala macromètrica, poden servir com a potents catalitzadors químics a escala nanomètrica.

Una de les característiques de les nanotecnologies és la seva interdisciplinarietat entre diversos camps de la ciència. La física desenvolupa un rol important tant en la construcció del microscopi

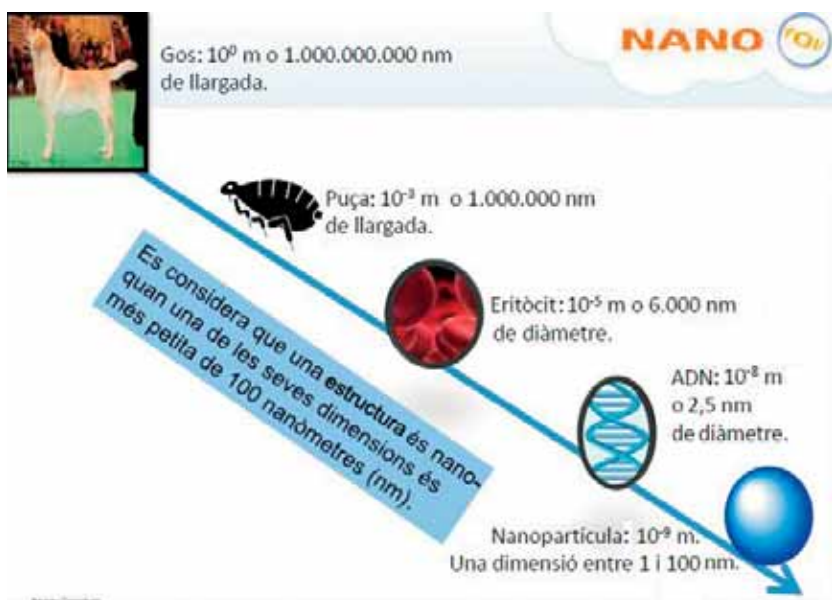


Figura 1. Què és nano-?

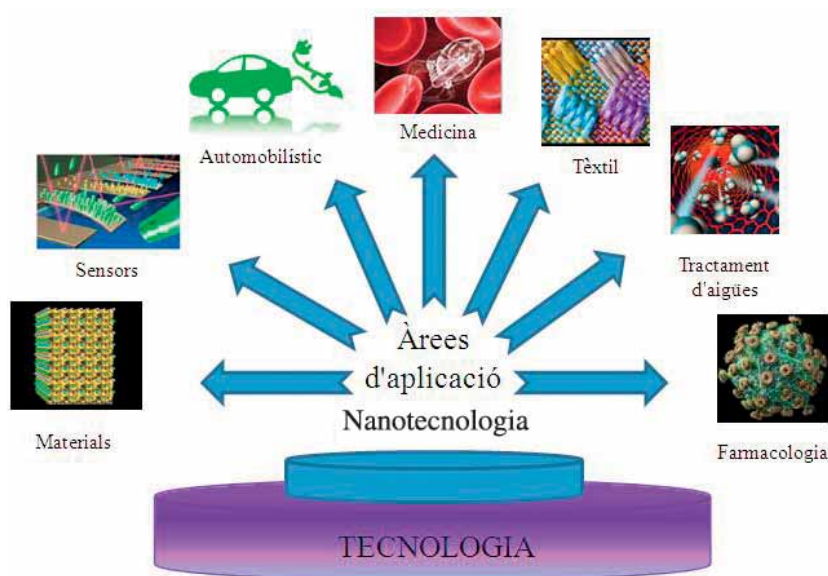


Figura 2. Àrees d'aplicació de les nanotecnologies.

utilitzat per investigar tals fenòmens com en l'aplicació de totes les lleis de la mecànica quàntica. La química té un paper important en el desenvolupament i en la caracterització de l'estructura dels materials desitjats.

Així, doncs, la formació de grups científics multidisciplinaris i els avenços tecnològics introdueixen les nanotecnologies en sectors tan amplis com el tèxtil, l'automobilístic, el tractament d'aigües, la farmacologia, la cosmètica, les pintures i els sensors per a aplicacions mèdiques, entre d'altres (fig. 2).

Actualment s'estan investigant els nous avantatges que poden aportar les nanotecnologies mitjançant el disseny, la

caracterització i la producció de noves estructures, nous mecanismes i nous sistemes manipulant la forma, la mida i, per tant, les propietats dels materials a escala nanomètrica.

La incorporació de les nanotecnologies en els departaments d'R+D de les empreses es perfila com un avantatge competitiu essencial. No obstant això, la seva implementació i la seva utilització requereixen d'un gran esforç tant econòmic com infraestructural i de personal especialitzat. Aquest esforç es pot solucionar mitjançant plataformes tecnològiques com la Plataforma de Nanotecnologia del Parc Científic de Barcelona.

Plataforma de Nanotecnologia

La naturalesa ens mostra innombrables exemples de com la capacitat de crear materials a escala molecular i nanomètrica genera estructures i mecanismes altament precisos, sofisticats i funcionals a escala macroscòpica. Per exemple, l'estructura laminar del grafit amb els àtoms de carboni enllaçats per enllaços covalents en el mateix pla genera macroscòpicament el grafit (conductor), mentre que l'estructura tridimensional amb carbonis amb enllaços dirigits cap als vèrtexs del tetraedre dona lloc al diamant (no conductor) (fig. 3). Aquest és un exemple clar de com manipulant i controlant àtoms i molècules (com els aminoàcids, etc.) la natura genera estructures i mecanismes que tot just estem començant a comprendre. És per això que l'home, mitjançant les nanotecnologies, explora diferents tècniques de nanofabricació amb l'afany de reproduir aquests materials i estructures altament sofisticats i funcionals.

Per entendre millor aquests processos de fabricació, podem classificar les nanotecnologies, en funció de la seva tècnica d'aplicació, en nanotecnologies de baix cap a dalt (*bottom-up*) i nanotecnologies de dalt cap a baix (*top-down*).

El terme *bottom-up* es refereix a la construcció d'estructures i dispositius a partir d'elements fonamentals (àtoms i molècules) mitjançant un procés de muntatge o autoassemblatge fins a obtenir el material desitjat. Un bon exemple per entendre-ho és l'ús de

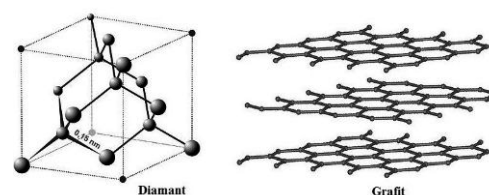
Figura 3. Estructura del diamant i del grafit. Font: <http://spin.udg.edu>.



Figura 4.
Analogia per a la representació del terme

bottom-up. Font: <http://www.nathansawaya.com>.

petites peces de Lego per construir estructures de baix cap a dalt, tal com dona a entendre la fig. 4.

Els principals avantatges d'aquesta tècnica inclouen el control biomolecular únic, el comportament biomimètic i el potencial per crear materials amb propietats sofisticades amb una única funcionalitat. Per contra, el principal desavantatge és el desordre a escala macroscòpica inherent als materials.

El terme *top-down* fa referència a dissenyar i miniaturar la mida d'estructures i mecanismes a escala nanomètrica. Aquest tipus de tècnica ha estat el més freqüent fins a avui a les nanotecnologies, més concretament en l'àmbit de l'electrònica, en el qual predomina la miniaturització. L'analogia, en aquest cas, seria l'elaboració d'una escultura que, tot utilitzant una varietat d'eines a partir d'un material a granel, «grava» acuradament cap a avall fins a definir les formes més petites (fig. 5).

En aquest cas, com a principals avantatges, caldria citar la seva versatilitat, la miniaturització, la precisió, la reproductibilitat i la capacitat per fabricar en lots. Per contra, l'accés limitat a les instal·lacions de fabricació, la capacitat limitada per aconseguir la tridimensionalitat i la baixa biocompatibilitat dels materials són alguns dels seus inconvenients.

Com a exemple d'aplicació d'aquestes tècniques per al desenvolupament de nous materials



Figura 5. Analogia per a la representació del terme top-down.

funcionals, actualment la Plataforma de Nanotecnologia del Parc Científic de Barcelona treballa activament en diferents àrees, com la dels biomaterials o la medicina regenerativa, entre d'altres, tot utilitzant estratègies conjuntes *bottom-up* i *top-down*. Com a exemples, cal citar els següents:

1) Desenvolupament de superfícies amb microestructures, nanoestructures dissenyades per estimular, controlar i dirigir el comportament cel·lular d'implants mitjançant tècniques *top-down* (fig. 6).

2) Desenvolupament de membranes autoassemblades amb materials biomimètics i biodegradables mitjançant tècniques *bottom-up* per estimular la regeneració de teixits d'os, teixit cardíac i teixit de la paret abdominal (fig. 7).

3) Desenvolupament d'estructures tridimensionals per recrear *in vitro* l'ambient extracel·lular de teixits *in vivo* per poder generar implants injectables per a la regeneració de teixits.

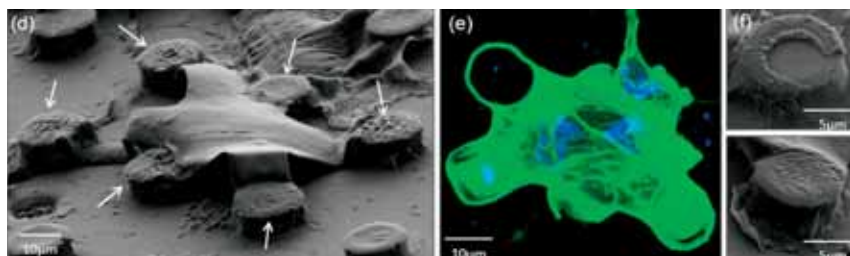


Figura 7. Les imatges il·lustren el creixement de les cèl·lules sobre una superfície de postes de 10 µm de diàmetre, 4 µm d'altura i separades per 20 µm. a) Imatges realitzades mitjançant un microscopi electrònic d'escaneig (SEM); b) imatges de microscopi de fluorescència del citosquelet d'actina; c) mitjançant imatges de SEM de més alta resolució, podem veure com les cèl·lules apareixen ben connectades a les microestructures, tot arribant fins i tot a rodejar-les completament. Font: Tejeda-Montes et al. (2011).

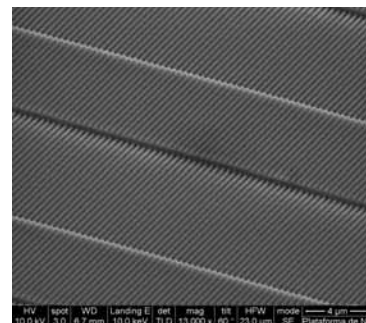


Figura 6. Superfície de silici amb microtopografies i nanotopografies. PTNano.

4) L'àrea dels biosensors i els sistemes de diagnòstic actualment es troba en plena expansió en el desenvolupament de nous materials amb unes millors sensibilitat i selectivitat. El camp de la medicina és el que més clarament s'ha beneficiat (i possiblement ho continuarà fent) amb el desenvolupament dels biosensors, no només en el camp de les anàlisis clíniques, en el qual es facilita un diagnòstic precoç de malalties, sinó també en el camp del descobriment de nous fàrmacs, en el del desenvolupament d'òrgans artificials o en la monitorització *in vivo* dels pacients.

Podem, doncs, finalitzar afirmant que el nivell actual de precisió en la fabricació de nous materials ha revolucionat d'una manera molt positiva l'àrea de la medicina i permet el desenvolupament de materials bioactius, intel·ligents, biomimètics i biodegradables amb la capacitat d'interaccionar amb la biologia a nivells fonamentals.



Figura 8. Alumnes participant a les Jornades NANOYOU. Font: <http://www.nano-you.eu>.

El Parc Científic de Barcelona i la divulgació científica

L'any 2003, el Parc Científic de Barcelona va posar en marxa el seu extens programa de divulgació «Recerca en societat», i fins a l'actualitat ha anat ampliant l'oferta d'activitats presencials. En aquests moments, el programa ofereix més de cent vint activitats anuals dirigides a prop de sis mil persones. Aquestes activitats inclouen una fira, exposicions, tallers experimentals, visites als laboratoris en forma de jocs de pistes, jornades de debat, visites guiades, etc.

El fet que les nanotecnologies siguin tècniques relativament joves, així com el seu ampli rang d'aplicació, tant científic com tecnològic, fa necessari emprendre accions per ajudar a la implantació i l'apropament de les nanotecnologies al nostre sistema educatiu actual. Malgrat els beneficis específics per als quals es desenvolupen les nanotecnologies, algunes d'aquestes noves aplicacions poden tenir efectes perjudicials. Per això, la ciutadania en general ha d'estar informada per poder col·laborar activament en la futura presa de decisions fent un balanç ponderat dels beneficis enfront dels hipotètics riscos. Per aquests motius, el Parc Científic de Barcelona, juntament amb altres institucions europees, es va plantejar d'ampliar l'abast de les activitats de divulgació desenvolupant un portal europeu de divulgació entorn de les nanotecnologies.

Portal educatiu europeu NANOYOU

NANOYOU (Nano for Youth) és un projecte europeu de divulgació i educació entorn de les nanotecnologies finançat pel 7è Programa Marc de la Comissió Europea, fruit de la col·laboració de vuit institucions europees, entre les quals trobem el Parc Científic de Barcelona, la Universitat de Cambridge i la Cité des Sciences et de l'Industrie de París, entre d'altres.

L'European Schoolnet és el soci europeu encarregat de dinamitzar un programa de promoció dels continguts educatius de NANOYOU a les escoles europees. Aquesta promoció es veu reflectida en una mitjana de quatre mil visites al mes al portal NANOYOU. En concret, algunes eines, com ara els vídeos, han comptat amb més de seixanta mil visites. El programa de difusió inclou jornades de formació del professorat, que s'han organitzat tant a Brussel·les com a Cambridge i Barcelona, on s'han dut a terme dues edicions amb previsió de futures jornades. Aquestes jornades han facilitat l'organització d'un ampli ventall d'activitats educatives en centres educatius d'arreu d'Europa (fig. 8). Cal destacar la tasca de les cinquanta escoles de vint països europeus diferents (Alemanya, Àustria, Bèlgica, Dinamarca, Finlàndia, França, Eslovàquia, Espanya, Grècia, Hongria, Itàlia, Letònia, Lituània, Portugal, el Regne Unit, la República Txeca, Romania, Suècia, Turquia i Xipre) que van participar en el programa d'escoles pilot, ja que van ser les primeres a accedir a les activitats del portal NANOYOU i van aportar-hi les seves impressions, que es poden consultar a l'apartat «Nanoeducadors» del portal.



Figura 9. El portal NANOYOU.

D'altra banda, coordinada pel Centre de Cultura Científica i Tecnològica de Grenoble, el projecte també ha tingut present la producció d'una exposició itinerant amb activitats presencials destinades a més de quatre mil joves i que, entre altres museus, ha estat acollida pel Museu de la Ciència de París, l'anomenada Cité des Sciences et de l'Industrie.

NANOYOU té com a objectiu principal el fet d'incrementar en els joves d'entre onze i vint-i-cinc anys els coneixements bàsics d'aquesta nova ciència. Aquest projecte neix, doncs, amb la finalitat d'apropar la investigació a l'educació.

La facilitat d'accés a aquesta aplicació a través d'un portal web, l'ampli rang d'eines multimèdia i el gran nombre d'activitats presencials proposades a escoles i museus de tot Europa fan de NANOYOU una eina útil per a la comunitat educativa en concret i per a qualsevol persona en general interessada a descobrir què són les nanotecnologies i quines són les seves possibles aplicacions en les nostres vides.

Aquest portal (fig. 9) ofereix, per exemple, un espai de fòrums virtuals en el qual els estudiants poden establir diferents diàlegs amb altres alumnes sobre els dilemes que presenten les nanotecnologies, tot compartint les seves pròpies reflexions. En el portal s'ofereixen activitats per participar en laboratoris virtuals en els quals els alumnes prenen el rol d'investigadors fent experi-



Figura 10. Imatge del documental NANOYOU.

ments simulats. NANOYOU també ofereix recursos per dur a terme activitats pràctiques a les aules amb la finalitat d'estudiar les diferents propietats de la nanoescala i aprendre algunes de les seves aplicacions. A més a més, el portal ofereix jocs de cartes i jocs de rol que proposen als alumnes debats d'opinió sobre diverses nanotecnologies.

El portal NANOYOU és, per tant, una eina excel·lent per a alumnes, escoles i educadors que facilita informació de primera mà sobre les nanotecnologies a partir de centres de recerca europeus d'excel·lència, tot fent una especial èmfasi en les implicacions ètiques i socials, en la seguretat i en els límits presents i futurs del desenvolupament científic.

Eines educatives del portal NANOYOU

Les activitats i els materials desenvolupats per NANOYOU s'agrupen en cinc seccions o formats diferents.

Què és nano-?

En aquesta secció, es proporciona informació sobre la nanociència i les nanotecnologies i sobre els seus àmbits d'aplicació. S'hi troben documentals, pòsters i altres eines per acostar els alumnes a l'escala nano-.

Documental NANOYOU

És un breu documental (fig. 10) realitzat per la Universitat de Cambridge que explica els conceptes



Figura 11. Exemple de presentació. Font: <http://www.nanoyou.eu>.

bàsics de la nanociència, alguns projectes en els quals s'estan aplicant les nanotecnologies i les possibilitats que ofereixen per al futur.

Pòsters i PowerPoint

Són materials realitzats per la Universitat de Cambridge que introdueixen dins els secrets del nanomón i els beneficis i riscos que les nanotecnologies poden comportar tant per als països desenvolupats com per als països en vies de desenvolupament. Entre ells, hi ha una presentació PowerPoint anomenada *Descobreix els secrets del món nano-* (fig. 11).

També es poden visitar galeries d'imatges i de projectes artístics relacionats amb la nanociència i les nanotecnologies.

Nanolaboratori

En aquesta secció, els visitants troben informació sobre experiments en nanotecnologies, alguns d'ells basats en la investigació actual, que es poden realitzar de manera virtual, i d'altres lligats a conceptes més bàsics per realitzar-los en laboratoris escolars.

Laboratori virtual

Els experiments virtuals (fig. 12), desenvolupats pel Parc Científic de Barcelona, són una oportunitat única per recrear de manera virtual experiments reals que s'estan duent a terme en centres de recerca.

Experiments

Desenvolupats per l'Interdisciplinari Nanoscience Centre at

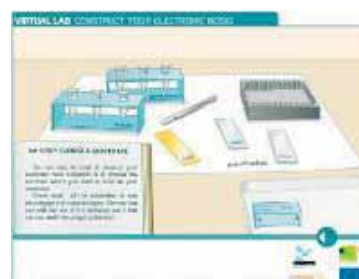


Figura 12. Laboratori virtual. Font: <http://www.nanoyou.eu>.



Figura 13. Diàleg virtual.
Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Aarhus University, són propostes senzilles que es poden dur a terme a l'escola i que permeten als alumnes el fet de comprovar algunes de les propietats que els materials tenen a escala nanomètrica.

Nanodiàleg

Aquesta secció agrupa eines que permeten al visitant el fet de reflexionar i debatre els aspectes ètics, legals i socials associats a les nanotecnologies.

Diàleg virtual

La secció «Diàleg virtual» (fig. 13) proposa dilemes virtuals que enfronten els participants amb els aspectes ètics, legals i socials associats a les nanotecnologies. Un cop analitzats el problema, la solució i els possibles efectes, es convida els participants a donar la seva opinió sobre el dilema presentat. Aquests diàlegs virtuals promouran el debat entre els estudiants sobre diferents temes relacionats amb les nanotecnologies, la qual cosa els permetrà de comunicar-se entre ells a través d'un fòrum.

Jocs de rol

Els jocs de rol permeten convertir els alumnes en part interessada de diversos dilemes sobre les nanotecnologies que es presenten en aquesta secció de NANOYOU. Els alumnes representen diversos rols i han de defensar els seus punts de vista mentre intenten arribar a un acord amb altres parts interessades (fig. 14).



Figura 14. Joc de rol.
Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Concurs de fotografia

A través d'aquesta secció, es convida els internautes a participar en un concurs de fotografia per identificar i retratar la manera com les nanotecnologies formen part de la nostra vida. Al portal es poden visualitzar les fotografies que van participar al concurs (fig. 15).

Nanojocs

Aquesta secció ajuda a aprendre, a entendre i a experimentar nous conceptes en l'àmbit de la nanociència i de les nanotecnologies a través d'una sèrie de jocs divertits.

Màquina del temps

L'activitat «Màquina del temps» permet al visitant el fet de descobrir com han canviat amb el temps les solucions que els homes han donat a les seves necessitats, alhora que presenta les opcions que les nanotecnologies ofereixen per solucionar aquestes necessitats en un futur (fig. 16).

Joc de memòria

El joc de memòria posa a prova la memòria i els coneixements sobre les nanotecnologies mitjançant grups de cartes. Els participants han de relacionar imatges amb informació sobre la nanociència i les nanotecnologies. Hi ha diferents paquets de cartes que es poden descarregar del portal i que tracten diferents temàtiques (fig. 17).

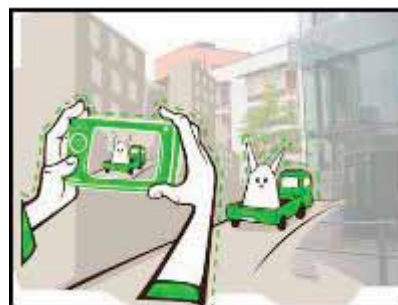


Figura 15. Concurs de fotografia.
Font: <http://www.nanoyou.eu>



Figura 16. Màquina del temps.
Font: <http://www.nanoyou.eu>.



Figura 17. Imatge de cartes del joc de memòria. Font: <http://www.nanoyou.eu>.



Figura 18. Cartes del trencaclosques.
Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Trencaclosques

El trencaclosques permet conèixer quines característiques i aplicacions de les nanotecnologies s'amaguen darrere de quatre imatges aparellant les diferents cartes per descobrir fets sorprenents sobre les aplicacions de les nanotecnologies que ja formen part de la nostra vida (fig. 18).

Nanoeducadors

Aquesta secció proporciona informació i materials als educadors perquè puguin realitzar activitats relacionades amb l'ensenyament de les nanotecnologies i promoure la discussió dels aspectes ètics, legals i socials que porten associats. Inclou també algunes propostes sobre com es poden organitzar lliçons o dies complets dedicats a les nanotecnologies. Els paquets de formació per a educadors es divideixen en dos mòduls teòrics (conceptes fonamentals de nanociència i nanotecnologies, aplicacions de les nanotecnologies) i un mòdul experimental. Cada mòdul es divideix, al seu torn, en diferents capítols que contenen informació, gràfics i referències sobre diferents conceptes de la nanotecnologia. Cada mòdul experimental es relaciona amb els mòduls teòrics pertinents.

Experiment per identificar materials superhidrofòbics

Introducció

Les nanotecnologies no només es nodreixen de nous desenvolupaments i materials. Tal com estudia la biomimètica, la naturalesa ha estat i continua sent la principal font d'inspiració dels científics.

La fulla de lotus és altament repel·lent de l'aigua. Tal com veurem en aquest experiment, el comportament superhidrofòbic de la fulla de lotus a causa de la seva superfície nanoestructurada ha servit de font d'inspiració per al desenvolupament de teixits

que no es mullen, ja que tenen propietats molt hidrofòbiques. L'explicació de la superhidrofòbia es troba en la seva nanoestructura superficial. Les superfícies hidrofòbiques són més resistents a les taques i, per tant, requereixen menys neteja. La utilització de teixits superhidrofòbics en la indústria tèxtil permetria millorar la gestió dels recursos naturals, ja que facilitaria l'estalvi d'aigua per la reducció dels cicles de neteja. D'aquesta manera, s'aconseguiria un impacte positiu en el medi ambient a causa de la reducció de sabons i detergents.

Fonament teòric

La propietat d'una superfície d'interaccionar més o menys amb l'aigua es defineix amb el concepte *mullabilitat*. La mullabilitat està relacionada amb la interacció de l'aigua amb les molècules de la superfície, que poden ser hidròfiles (afinitat per l'aigua) o hidròfobes (repel·lents de l'aigua), de manera que parts hidròfiles i hidròfobes no interaccionen entre si. Les molècules dels fosfolípids de les membranes biològiques (fig. 19) tenen un extrem hidrofòbic i un extrem hidrofílic, i el mateix passa en el cas dels

emulgents i els tensioactius dels detergents. Per síntesi química convencional es poden fabricar materials hidròfobs, però què caldria per preparar superfícies superhidrofòbiques com la fulla de lotus, que és superhidrofòba?

Per tal d'estudiar la superfície d'aquestes fulles, es va utilitzar el microscopi electrònic de rastreig i es van obtenir imatges de la superfície. En aquestes imatges es va detectar la presència de nanocristalls de cera (fig. 20).

Per tant, per tal d'aconseguir aquesta hidrofobicitat, és necessari crear microtopografies o nanotopografies a la superfície, utilitzar eines i estratègies del camp de la nanotecnologia i preparar els materials adequats per fer aquests recobriments superficials de l'escala nano-.

Un dels mètodes per quantificar la mullabilitat d'una superfície és mesurar-ne l'angle de contacte, és a dir, l'angle que forma la superfície d'un líquid o d'un gas en contacte amb una superfície sòlida (fig. 21a). Aquest valor proporciona informació sobre l'energia d'interacció entre la superfície i el líquid. Es pot, per tant, classificar els materials en funció del seu angle de contacte (fig. 21b).

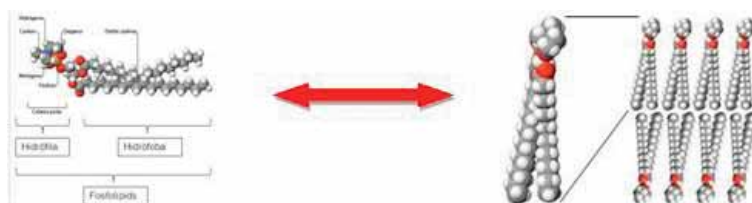


Figura 19. Estructura d'un fosfolípid (esquerra) i organització d'una membrana biològica (dreta).

Font: http://www.educared.org/wikiEducared/La_membrana_plasm%C3%A1tica.html.

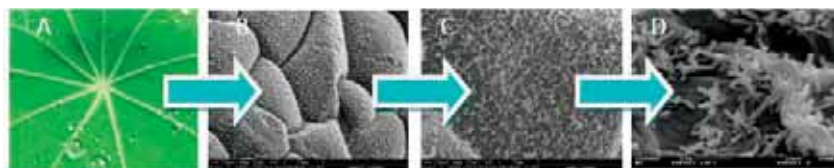


Figura 20. Microestructura i nanoestructura d'una fulla de creixen. Imatges de microscopi electrònic de rastreig. Font: <http://www.nanoyou.eu>. a) A. Snyder, Exploratorium; b) i c) A. Marshall, Stanford University; d) A. Otten i S. Herminghaus, Göttingen (Alemanya). Totes les imatges són de materials de la xarxa NISE (<http://www.nisenet.org>), reimpresses sota les condicions de la mateixa xarxa.

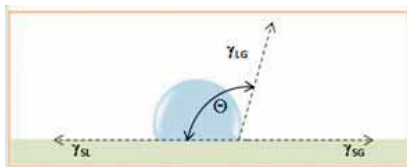
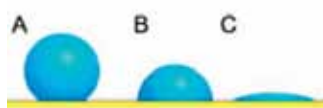


Figura 21a. Esquema de la definició d'angle de contacte.

Font: <http://www.nanoyou.eu>.



de l'angle de contacte	Tipus de superfície	Exemple
	Superhidròfila (S)	TiO ₂ irradiat raios UV
	Hidròfila (S)	Vidre
	Intermèdia (B)	Alumini
	Hidròfoba (B)	Plàstic
	Superhidrofòba (A)	Fulla de lotus

Figura 21b. Classificació dels materials en funció del valor del seu angle de contacte. Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Les superfícies amb nanoestructures tendeixen a tenir angles de contacte molt alts. Això es pot entendre imaginant que una superfície amb una certa rugositat està formada per una sèrie de pilars molt petits, de manera que la gota està en contacte amb una gran porció d'aire. A mesura que aquesta porció d'aire augmenti, és a dir, a mesura que aquests pilars estiguin més separats, el grau d'hidrofobicitat del material també augmentarà, tal com il·lustra la fig. 22.



Figura 22. Representació d'una superfície superhidrofòbica.

Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Un dels materials que analitzarem serà un tèxtil superhidròfob que porta incorporades nanopartícules (nanoteixit). Aquest teixit està dissenyat imitant l'efecte de la fulla de lotus. La seva superfície consta de «fibres» dissenyades mitjançant nanoenginyeria.

Objectius del treball experimental

Els objectius del treball experimental són:

- Comprendre la definició de mullabilitat com una propietat superficial dels materials i quantificar-la amb la mesura de l'angle de contacte.
- Comprendre els conceptes materials hidròfils i materials hidròfobs i classificar diferents materials com a hidròfils o hidròfobs en funció del seu angle de contacte.
- Comprendre que, per tal d'obtenir materials superhidrofòbs, s'han de crear microestructures o nanoestructures a la seva superfície.
- Identificar el nanoteixit per la mesura de la mullabilitat i pel seu comportament, tot comparant-lo amb materials comuns.

Material i productes

Paper de filtre (10 × 10 cm)	Teixit sintètic (10 × 10 cm)
Portaobjectes de vidre	Pipetes Pasteur
Làmina d'alumini (10 × 10 cm)	Plats, gots i culleres de plàstic
Fulla de col	Aigua, oli de gira-sol
Teixit de cotó (10 × 10 cm)	Suc de préssec, vinagre
Nanoteixit (10 × 10 cm)	Maionesa, quètxup

Seguretat

Aquest experiment no utilitza productes químics perillosos, però cal no embrutar-se, per la qual cosa caldrà utilitzar bata i guants. La seguretat és molt important en qualsevol tipus d'experiment.

Procediment experimental

Protocol per dur a terme l'experiment a les aules:

1. Classificació de diferents materials en funció del seu grau de mullabilitat. Conceptes *material hidròfil* i *material hidròfob*.
 - Agafem els cinc materials a estudiar: un portaobjectes de vidre, un paper de filtre, una làmina d'alumini, un recipient de plàstic i una fulla de col.
 - Omplim un got de plàstic amb aigua. Mitjançant la pipeta Pasteur, afegim un parell de gotes d'aigua sobre la superfície de cada material i col·loquem els materials dins una safata de plàstic per tal de recollir l'aigua.
 - Inclinem amb cura cadascun dels materials per poder observar el comportament de les gotes d'aigua sobre la seva superfície. Les gotes llisquen o rodolen? Comprovem la facilitat que tenim per mantenir les gotes immòbils a la superfície del material. Anotem totes les observacions per a cadascun dels materials.
 - Basant-nos en l'observació visual del comportament de l'aigua sobre els diferents materials i tenint en compte la classificació dels materials en funció del seu angle de contacte (fig. 19), classifiquem els materials com a hidròfils o hidròfobs.

Es mostra, a tall d'exemple, la forma de gotes d'aigua sobre diferents materials (fig. 23).

Possibles qüestions:

- El paper de filtre es comporta com els altres materials? Si no és així, per què?
- Podem classificar algun dels materials provats com a superhidrofòbic?



Figura 23. Comportament de gotes d'aigua sobre diferents materials.

Font: <http://www.nanoyou.eu>.

2. Estudi comparatiu de diferents teixits convencionals i del nanoteixit dissenyat per reproduir l'efecte de les fulles de lotus (material superhidrofòbic).

– Agafem els tres teixits a estudiar: cotó, sintètic i nanoteixit. Els col·loquem sobre un plat o una safata de plàstic i escrivim en cadascun d'ells el tipus de teixit que és per evitar confusions.

– Preparem dins un got de plàstic o un altre recipient petit una petita quantitat de cadascun dels productes que assajarem: aigua, oli, suc, vinagre, maionesa i quètxup.

– Decidim en quin ordre farem els assaigs sobre els teixits i ordenem els gots i els teixits tal com indica la fig. 24.

– Mitjançant la pipeta Pasteur per als líquids i una cullera per als altres, col·loquem una mica de cada líquid i de cada sòlid en cada teixit (fig. 25). Anotem les observacions del comportament de cadascun dels productes sobre cadascun dels teixits.

– Després d'un temps fixat, retirem suaument el producte de sobre la tela amb un tros de paper de cuina (fig. 26). Anotem per a cada líquid la informació següent: si ha estat absorbit, si ha romàs a la superfície o si ha tacat el teixit.

Possibles qüestions:

- Hi ha una clara diferència entre el nanoteixit i els altres?
- Fins a quin punt ha estat fàcil de netejar les taques de líquid dels teixits?
- Ha estat fàcil de treure les taques dels productes més espessos de sobre els teixits?
- S'ha aconseguit eliminar totes les taques? Quines s'han eliminat?

En funció dels objectius didàctics i del nivell dels alumnes, el professor pot elaborar, a partir del protocol anterior, activitats concretes d'aula com les que es poden trobar a l'*Aplicatiu de Recobriment Curricular*: <http://apliense.xtec.cat/arc/queeslarc>.



Figura 24. Exemple d'ordenació dels teixits i dels líquids.

Font: <http://www.nanoyou.eu>.

Figura 25. Situació de les taques sobre cada teixit.

Font: <http://www.nanoyou.eu>.



Figura 26. Intentant eliminar les taques.

Font: <http://www.nanoyou.eu>

Les nanotecnologies són tècniques relativament joves i caldria incorporar-les al sistema educatiu per preparar ciutadans amb coneixements actuals i amb criteri

Algunes consideracions finals sobre la nanotecnologia

– La nanotecnologia desenvolupa un paper primordial i cada vegada més transcendental en totes les àrees rellevants de la humanitat.

– El nivell de precisió en la fabricació de nous materials ha revolucionat d'una manera molt positiva en els darrers anys l'àrea de la medicina i ha permès el desenvolupament de materials bioactius, intel·ligents, biomimètics i biodegradables.

– Les nanotecnologies són tècniques relativament joves i caldria incorporar-les al sistema educatiu per preparar ciutadans amb coneixements actuals i amb criteri.

– El portal NANOYOU és un bon recurs per als alumnes, les escoles i els educadors en concret i per a qualsevol persona en general interessada en les nanotecnologies per rebre informació de primera mà de centres de recerca europeus d'excel·lència.

Bibliografia

Protocol de l'experiment de materials superhidrofòbics basat en el protocol desenvolupat per Luisa Filipponi, iNANO, Aarhus University:

http://nanoyou.eu/attachments/502_EXPERIMENT%20D1_Teacher%20document%2011-13.pdf.

Aquest experiment és en part una adaptació de l'activitat de les aplicacions Nano-Text:

<http://mrsec.wisc.edu/Edetc/IPSE/educators/nanoTex.html>.

Llibres

- LANGER, R.; TIRRELL, D. A. (2004). «Designing materials for biology and medicine». *Nature*, 428: 487-492.
- LAURENCIN, C. T.; NAIR, L. S. [ed.] (2008). *Nanotechnology and tissue engineering: The scaffold*. Boca Raton: CRC Press.
- MATA, A. (2011). «Micro and nanotechnologies for bioengineering regenerative medicine scaffolds». *International Journal for Biomedical Engineering and Technology*, 5(2/3): 266-291.
- NAVARRO, M.; PLANELL, Josep A. [ed.] (2011). *Nanotechnology in regenerative medicine*. Nova York: Humana Press; Springer. (Methods in Molecular Biology; 811).
- SMITH, K. H.; TEJEDA-MONTES, E.; POCH, M.; MATA, A. (2011). «Integrating top-down and self-assembly in the fabrication of peptide and protein-based biomedical materials». *Chemical Society Reviews*, 40: 4563-4577.



Judith Linacero Blanco

és llicenciada en ciències físiques per la Universitat de Barcelona (2006), on també ha cursat el grau de màster en biofísica (2008). L'any 2005 va començar a treballar al Parc Científic de Barcelona com a tècnica especialista a la Plataforma de Cristal·lografia de Proteïnes. Actualment, i des de fa gairebé dos anys, treballa a la Plataforma de Nanotecnologia com a tècnica especialista del Microscopi Electronic d'Escaneig i E-Beam Lithography.
A. e.: jlinacero@pcb.ub.cat

- STUPP, S. I.; DONNERS, J. J. M.; LI, L. S.; MATA A. (2005). «Expanding frontiers in biomaterials». *MRS Bulletin*, 30: 838-844.
- TEJEDA-MONTES, E. [et al.] (2011). «Engineering membrane scaffolds with both physical and biomolecular signaling». *Acta Biomater*, s. núm. (8 setembre): s. p.
- VOGEL, V.; SCHMID, G. (2009). *Nanotechnology*. Vol. 5: *Nanomedicine*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- WHITESIDES, G. M. (2005). «Nanoscience, nanotechnology and chemistry». *Small*: 1(2): 172-179.

Recursos web

- Aplicatiu de Recobriment Curricular*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
<<http://apliense.xtec.cat/arc/queeslarc>>
- «Blocs de comentaris del professorat experimentador de les activitats del projecte pilot euro-



Álvaro Mata Chavarria

és llicenciat en enginyeria mecànica per la Universitat de Kansas (EUA), màster en bioenginyeria per la Universitat de Strathclyde (Regne Unit) i doctor en enginyeria biomèdica per la Universitat Estatal de Cleveland (EUA). Ha treballat en el desenvolupament de *scaffolds* per aplicar-los a la regeneració de teixits i ha desenvolupat materials *self-assembly* per al control en la diferenciació de les cèl·lules mare i la regeneració òssia. Des del 2008, treballa com a cap de la Plataforma de Nanotecnologia del Parc Científic de Barcelona. Ha rebut els premis Clodomiro Picado Twight Technology (2005) i Baxter Early Career in Biotechnology (2006).
A. e.: amata@pcb.ub.cat

peu». A: *NANOYOU*. Barcelona: Parc Científic de Barcelona; Cambridge: University of Cambridge; París: Cité des Sciences et de l'Industrie; Grenoble: Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle; Viena: Centre for Social Innovation; Jerusalem: ORT Israel; Jerusalem: ARTTIC Israel; Brussel·les: European Schoolnet; Aarhus: Aarhus Universiteit.
<<http://nanoyou.eu/ca/nanoeducadors/centrespilot.html?view=alphacontent>>.

GUIPART, J. «Es mullen o no es mullen?». A: *Aplicatiu de Recobriment Curricular*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
<<http://apliense.xtec.cat/arc/node/1121>>

GUIPART, J. «Què diferencia els col·loides de les solucions?». A: *Aplicatiu de Recobriment Curricular*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament. <<http://apliense.xtec.cat/arc/node/1124>>.



Rosina Malagrada Escalas

és llicenciada en ciències químiques per la Universitat de Barcelona i màster en comunicació científica per l'Imperial College de la Universitat de Londres. Ha cursat el programa de direcció de la comunicació estratègica d'ESADE i ha treballat al National Science Museum de Londres. Actualment treballa al Parc Científic de Barcelona en el camp del disseny i la implantació d'estratègies de comunicació, entre elles, en el Programa de Recerca en Societat. Col·labora amb l'Institut de Recerca de la Sida IrsiCaixa i actualment coordina el projecte europeu XploreHealth, un portal educatiu sobre recerca biomèdica actual.
A. e.: rmalagrada@pcb.ub.es