

Descripció i mapa curricular

La seqüència didàctica presenta el comportament de dos tipus de materials amb propietats força interessants: els materials amb memòria de forma i el grafè. En primer lloc, l'alumnat haurà de relacionar l'estructura dels primers per elaborar explicacions del seu comportament. També se'ls introduirà el concepte de temperatura crítica, i la determinaran experimentalment. En el cas del grafè, s'analitzaran les diverses formes al·lotròpiques del carboni, i es compararan les seves estructures internes per tal d'explicar la diversitat de propietats, com per exemple, la conductivitat elèctrica del grafè. Finalment, l'alumnat haurà de dissenyar un dispositiu que pugui aprofitar les característiques de tots dos tipus de materials.

	1r ESO	2n ESO	3r ESO	4t ESO	1r BTX	2n BTX
Ciències de la Naturalesa: biologia i geologia						
Ciències de la Naturalesa: física i química						
Biologia i Geologia						
Física i Química						
Biologia i Geologia + ciències aplicades						
Física i Química + ciències aplicades						
Cultura científica						
Física						
Química						
Biologia						
Ciències de la Terra i el Medi Ambient						
Ciències per al Món Contemporani						
Tecnologia						
Tecnologia Industrial						
Matemàtiques						
Matemàtiques aplicades a les CCSS						

Matèria	Bloc Curricular	Contingut Curricular
Ciències de la naturalesa: física i química	La matèria a l'Univers (CC8) Les forces i el moviment (CC3, CC6) L'energia i els canvis (CC2, CC6)	Taula periòdica dels elements. Símbols químics. Nombre atòmic i massa atòmica. Estructura de l'àtom. Diferències entre àtoms de diferents elements. Isòtops d'un element. Ions. Enllaços entre àtoms. Molècules i estructures gegants. Formulació i nomenclatura (IUPAC) dels compostos binaris més habituals. Masses moleculars. Forces de la natura. Circuit elèctric tancat: transport d'energia, cicle d'electrons, diferència de potencial i intensitat. Llei d'Ohm.
Física i química (4t ESO)	La matèria: propietats i estructura Els canvis	Relacions entre l'organització dels elements en la taula periòdica i la seva estructura. Propietats de les substàncies. Classificació de les substàncies segons les seves propietats identificades. Interpretació en funció de l'enllaç. Capacitat de l'àtom de carboni per formar enllaços.
Física i Química i ciències aplicades (4t ESO)	Forces i moviments La matèria: propietats i estructura Els canvis	Relació entre força i deformació en els cossos elàstics Relacions entre l'organització dels elements en la taula periòdica i la seva estructura. Capacitat de l'àtom de carboni per formar enllaços.
Química (Batxillerat)	El món de la química orgànica L'enllaç entre àtoms i entre molècules i l'estructura dels materials	Relació entre les propietats físiques i químiques i l'estructura dels compostos del carboni. Caracterització dels processos de síntesi d'alguns compostos orgànics Modelització de l'estructura i de l'enllaç de diferents sòlids per explicar-ne les propietats. Relació entre estructura, propietats i aplicacions d'alguns materials
Tecnologia Industrial I	Els materials	Classificació dels materials industrials, anàlisi de l'estructura interna i enumeració de les propietats. Explicació de l'evolució històrica. • Descripció de l'obtenció i la transformació de materials. Identificació d'aliatges i de nous materials. • Aplicacions característiques dels materials industrials. • Selecció de les tècniques i tractaments de modificació i millora de les propietats dels materials. • Valoració de l'impacte ambiental produït per l'obtenció, la transformació i les deixalles de materials.
Tecnologia Industrial I	Màquines i sistemes	Identificació dels elements d'un circuit elèctric i anàlisi de circuits característics

		Representació esquematitzada de circuits utilitzant la simbologia adequada. Interpretació de plànols i esquemes.
Electrotècnia (2n Batxillerat)	Elements i circuits elèctrics.	Representació esquematitzada de circuits. Muntatge i experimentació de circuits elèctrics.
Tecnologia Industrial II	Els materials	Identificació de les formes comercials dels materials.
Matemàtiques	Transformacions geomètriques (CC10) Conceptes bàsics de probabilitat (CC16)	Translacions, girs i simetries. Programes de geometria dinàmica, tipus GeoGebra. Ús de les transformacions geomètriques per a la resolució de problemes en contextos diversos. Combinatòria (variacions, permutacions i combinacions) per quantificar.

NOTA: Aquestes orientacions són indicatives. Els continguts relacionats amb la nanotecnologia presents a la fitxa poden permetre la seva aplicació a d'altres àrees i nivells, a partir d'adaptacions específiques.

Finançat per:



NanoEduca som:



Per a què dissenyem aquests materials?

La finalitat última és que l'alumnat sigui capaç de resoldre problemes reals aplicant coneixements científics.

Què volem que aprenguin els alumnes amb aquest material?

(Els objectius han d'estar associats a les activitats. Cada activitat no hauria d'estar relacionada amb més de dos objectius)

1. Entendre la relació entre l'estructura i les observacions amb els materials amb memòria de forma..
2. Entendre què és la temperatura crítica i com la podem saber.
3. Reconèixer aplicacions actuals i innovadores dels materials amb memòria de formes.

4. Relacionar l'estructura nanoscòpica del grafè amb les seves propietats de conductivitat elèctrica.

Quina és la situació de partida o el context? *(Una situació real o un problema inicial fa més evident la funcionalitat de l'aprenentatge)*

Notícia completa:



http://elpais.com/eventos/2016/02/22/mwc/1456158972_448311.html

Notícia nitinol:



<http://www.noticiasdealava.com/2016/05/24/sociedad/basurto-pionero-en-la-implantacion-de-muelles-en-el-pulmon-para-el-enfisema>

activitat 1



Obj. 1, 2 y 3

- Observar la deformació del metall del fil de nitinol quan s'introdueix en aigua calenta o quan se li aplica calor.
- Posar en comú entre els companys com és l'estructura del metall del filferro.
- Mitjançant l'augment progressiu de la temperatura, observar la temperatura crítica a la qual es produeix el canvi d'estructura en el material.

activitat 2



Obj. 4

- Mostrar diferents estructures (amb models moleculars o dibuixos) del carboni. A partir d'aquestes estructures deduir quines propietats té cadascuna i quin material formen a escala macroscòpica.

- Comparar les propietats de conductivitat elèctrica de les estructures de carboni.
- Crear un circuit amb una part de “grafè”. Observar els canvis en la conductivitat modificant la mida de la part de “grafè”.
- Conèixer una tecnologia patentada per obtenir materials elèctrics sobre substrats flexibles.

(La seqüència s'ha de tancar donant resposta a la situació de partida o context inicial)

activitat 3



- Un cop explicats els aspectes teòrics, i fetes les demostracions, es planteja un debat comentant aplicacions de cada un d'aquests materials.

activitat 1



NITINOL I ALTRES MATERIALS AMB MEMÒRIA DE FORMA

Obj. 1. Entendre la relació entre i les observacions l'estructura amb els materials amb memòria de forma

Obj.2. Entendre què és la temperatura crítica i com podem conèixer-la.

Obj.3. Reconèixer aplicacions dels materials amb memòria de formes existents i innovadores.

El material de l'equip per a aquesta activitat és el fil de nitinol. A més, s'ha de proporcionar un assecador, uns quants clips, una placa calefactora, un vas de precipitats i una gerra amb aigua. Perquè sigui més visual, el professor pot preparar el fil inicial amb una forma de clip, de manera que després el clip es deformi per donar lloc a la seva forma prefixada. O bé, es dona al clip la mateixa forma que tingui el fil de nitinol quan es reparteixi.

En el moment de repartir el material se'ls diu quin és el clip i quin és el fil de nitinol.

Agafa el clip i el fil i aplica'ls calor amb l'assecador:

- Què passa?
- Per què creus que passa?
- Com classificaries el material del fil: elàstic o inelàstic?
- I el del clip?
- Per què?

Hi ha materials que recuperen la seva forma una vegada deformats, són els que denominem materials elàstics. Tanmateix, aquests materials recuperen la forma un cop que es deixa d'exercir-hi força al damunt, per la qual cosa no podem classificar aquest metall com un material elàstic.

Aquest metall recupera la forma ja que té el que denominem com "memòria de forma", és a dir, quan se li dona una forma inicial, encara que sigui deformat posteriorment, si l'escalfem sempre torna a la forma inicial. Ho podeu comprovar deformant-lo de nou i tornant-lo a escalfar.

L'explicació d'aquest fet rau en l'estructura nanoscòpica del metall.

- Quantes estructures creus que té?

Les estructures internes dels metalls no són sempre la mateixa, varien segons la temperatura a la qual es trobi el material, de manera que per a cada temperatura hi ha una estructura estable o una altra. Les variacions d'estructura dels materials amb memòria de forma tenen aquestes propietats a causa d'una transició de fase entre una estructura de tipus "austenita" i una de tipus "martensita". L'estructura de tipus martensita és una estructura que ens permet fer una deformació plàstica, però en escalfar el material aquest recupera l'estructura austenita. Aquest canvi d'estructura d'escala nanoscòpica es pot observar a escala macroscòpica ja que l'objecte recupera la forma inicial.



Les propietats dels materials amb memòria de forma s'utilitzen en moltes aplicacions, des de la ciència mèdica fins a l'enginyeria mecànica. Per a la seva aplicació cal saber a quina temperatura es produeix el canvi d'estructura.

Per conèixer aquesta temperatura necessitaràs: el fil de nitinol (deformat), una placa calefactora, un termòmetre i un vas de precipitats amb aigua.

1. Amb molt de compte per no cremar-se, es posa el vas de precipitats a escalfar damunt la placa calefactora. Per controlar la temperatura s'introdueix el termòmetre en el vas de precipitats.

2. Abans que comenci a escalfar-se s'introdueix també en el vas el fil de nitinol.

3. Escalfant lentament, s'observa la temperatura a la qual es produeix el canvi d'estructura nanoscòpica del material, és a dir, quan el fil canvia de forma.

- Proposa per a aquesta temperatura de canvi d'estructura aplicacions coherents, és a dir, que es puguin dur a terme amb aquesta temperatura.

- Proposa altres temperatures de canvi de fase que poguessin tenir altres aplicacions.



- Fes esquemes o dibuixos per presentar a la resta de companys les aplicacions i les idees en les quals es basen les aplicacions que has proposat.

Cal destacar que hi ha altres materials amb memòria de forma no metàl·lics. Ho has de tenir en compte per proposar noves aplicacions.

Hi ha materials polimèrics que, a més, permeten programar les temperatures "d'activitat" mitjançant la modificació de quantitats de copolímers i d'additius.

Motiu de les accions i orientacions per al professorat

Aquesta seqüència d'activitats és curta i senzilla, per això, cal recalcar que pensin activitats per debatre-les entre tots els alumnes.

S'ha d'advertir que l'augment de temperatura en l'última activitat ha de ser molt lent, sinó no es podrà donar una temperatura concreta, per la qual cosa cal ser caut i no escalfar molt ràpidament.

Es poden comentar als alumnes algunes aplicacions per fomentar les seves idees. Algunes d'aquestes poden ser: exterior del cotxe o bràquets (temperatura molt concreta) <http://guiadent.com/guiadent-product/nitinol%E2%84%A2-termo-activado.html>

Per fer l'esquema/dibuix de possibles aplicacions es poden fer grups de 4 o 5 persones i després valorar-se entre grups.

Respostes a les preguntes plantejades als alumnes:

Quan s'aplica calor al fil de nitinol canvia de forma però el clip no, això és degut al fet que el material del clip no és un material amb memòria de forma, però el nitinol sí.

No és possible classificar el nitinol com un material elàstic, sí que és veritat que recupera la seva forma, però no després d'aplicar-li l'esforç sinó que recupera la forma quan se li aplica calor i es modifica la seva estructura interna.

El clip, que no recupera la forma amb calor, no és un material amb memòria de forma i tampoc no recupera la forma després de l'esforç, per tant no és un material elàstic.

Les estructures internes del nitinol són nombroses, però amb l'experiment podem afirmar que, com a mínim, en té dues.

Com una activitat complementària, es pot fer la demostració d'altres materials amb memòria de forma.

Per fer-ho, cal disposar del material següent:

- Envàs de PS (Petit-suisse)
- Bec de Bunsen
- Pinça (prou llarga per posar l'envàs al damunt de la flama i no cremar-nos)

El poliestirè, en escalfar-lo a la flama, recupera la forma inicial prèvia a l'envàs.

Quan escalfem l'envàs a prop de la flama (no gaire a prop, no s'ha de cremar l'envàs) l'envàs es va fent més petit fins a quedar com una làmina de poliestirè. El poliestirè és un polímer termostable, és a dir, és fàcilment deformable quan se li aplica calor. Per a la fabricació de l'envàs s'utilitzen planxes de poliestirè a les quals se'ls exerceix una pressió per deformar-les creant tensions en el poliestirè. Quan s'hi aplica calor, el poliestirè recupera la forma inicial, més estable que la que s'obté en aplicar-li la pressió.

Aquesta demostració s'ha de fer amb paciència. L'envàs s'ha d'escalfar però no cremar-se, per tant és preferible no apropar-lo gaire a la flama i que el procés vagi més a poc a poc que no pas passar-nos i cremar l'envàs.

D'aplicacions, en poden sorgir moltes. Algunes de les aplicacions actuals són en estomatologia (bràquets).

<http://www.isqch.unizar-csic.es/ISQCHportal/biomaterialesConMemoria.do?enlaceMenuDerecha=temas&enlaceMenuIzquierda=divulgacion>

També tenen aplicació en peces mecàniques. Les peces difícils d'encaixar serien de material amb memòria de forma, cosa que permetria ajustar-les de manera senzilla inicialment i recuperarien la forma que haurien de tenir quan s'exposessin a un mecanisme d'activació.

Una aplicació més recent la trobem amb el projecte Instantshoe de l'Institut de Biomecànica de València, on investiguen un plàstic destinat a la indústria del calçat. Una sabata construïda amb una capa d'aquest material intel·ligent pot ser modificada directament en el punt de venda amb una màquina especial per assumir i "recordar" la forma del peu de l'usuari, i adaptar-se així a totes les seves peculiaritats, incloses les petites i molestes patologies, i aportar més confort al consumidor.

Aplicacions en medicina:

Traumatologia, per unir fractures

Radiologia intervencionista, Stents

(obrir venes i capil·lars).

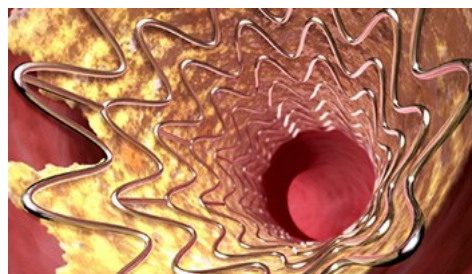
<http://www.isqch.unizar-csic.es/ISQCHportal/biomaterialesConMemoria.do?enlaceMenuDerecha=temas&enlaceMenuIzquierda=divulgacion>

Grapas para unir fracturas



Al adquirir la temperatura del cuerpo humano recupera la forma previa (austenita) que obliga a relocalizar los huesos fracturados y los mantiene unidos durante su curación

2. Stent para abrir las venas



3. Filtro para la vena cava.



activitat 2



GRAFÈ

Obj 4. Relacionar la estructura nanoscòpica del grafeno con sus propiedades de conductividad eléctrica.

El material de l'equip per a aquesta activitat és els llapis de mina tova, els cables, les pinces de cocodrill, la pila i el LED. A més, s'ha de proporcionar al grup un foli en blanc, cinta adhesiva i les formes al·lotròpiques del carboni (diamant, grafit, carboni amorf... ful·lerè, grafè, nanotub de C) en estructures 3D amb models moleculars o en imatges.

El carboni existeix en diferents formes al·lotròpiques. Això vol dir que els àtoms de carboni es poden unir de diferents maneres i donar lloc a diverses estructures. Algunes d'aquestes formes són les que se us presenten i podem deduir algunes de les seves propietats a escala macroscòpica observant la seva estructura.

- Observa l'estructura i debat amb els companys les possibles propietats macroscòpiques de cadascun.

Altres formes del carboni són les derivades del grafit, com el grafè que consisteix en una sola capa de grafit, és a dir, una capa d'un sol àtom de gruix; el ful·lerè, que és una esfera formada per una única capa d'àtoms de carboni o els nanotubs de carboni, que són una capa de grafit enrotllada sobre ella mateixa.

- Compara l'estructura del grafit i el grafè. Quines similituds i diferències hi trobes?
- Quines similituds i diferències trobem en aquests materials a escala macroscòpica?

El grafè es tracta d'un al·lotrop del carboni, un tessell·lat hexagonal pla format per àtoms de carboni i enllaços covalents que es generen a partir de la superposició dels híbrids sp^2 dels carbonis enllaçats. El grafit es pot considerar com una superposició de capes de grafè. Aquest material és extremadament dur, és flexible i molt elàstic, transparent i conductor elèctric i tèrmic. Intentarem crear un circuit que ens permeti visualitzar la conductivitat en capes, una de les propietats del grafit que és la propietat estrella del grafè.

Per fer-ho es necessita: un foli, un llapis de mina tova, cinta adhesiva, una pila, dues pinces de cocodrill i un LED.

1) Es prepara el circuit amb la pila, les pinces de cocodrill i el LED. No us heu d'oblidar de comprovar que el LED funciona de manera correcta abans de connectar-lo al circuit.
2) En un foli blanc es pinta una regió de 2×5 cm amb el llapis de mina tova, sense deixar-hi forats.

- 3) S'enganxa una tira de cinta adhesiva sobre la superfície pintada, es prem bé i tot seguit, es retira. A la cinta adhesiva hi haurà quedat, com a mínim, una capa atòmica de carboni.
- 4) Es posa en contacte amb la zona les dues pinces de cocodrill com si fos un cable de coure habitual.



És possible que el circuit no funcioni; això pot ser degut al fet que la capa no és uniforme.

- Debat amb la resta dels companys altres possibles mètodes d'obtenir una fina capa de carboni.
- Proposa aplicacions en què el grafè es podria utilitzar millorant alguna característica dels actuals conductors elèctrics.



Ben segur que les idees per obtenir capes de carboni que han sorgit han estat molt bones. Ara el professor t'explicarà quina va ser la idea que va tenir l'ICN2 i que ha arribat a patentar per imprimir òxid de grafè i altres materials en substrats flexibles. El mètode es fa en tres passos: impressió, filtratge i premsat. Perquè vegis el resultat final, l'equip conté un substrat amb un disseny imprès.

Motiu de les accions i orientacions per al professorat

En aquesta activitat és important que els alumnes vegin les estructures dels al·lotrops del carboni, preferiblement amb models moleculars, almenys del diamant i de diverses capes de grafè per simular el grafit que, a més, poden tancar com un tub per simular els nanotubs de carboni.

Proposar les propietats de cadascun tot i conèixer-ne l'estructura no és fàcil, però ho han d'intentar. Després, un cop fetes les seves propostes, poden continuar llegint i raonar cada una de les propietats enumerades amb el que havien plantejat o raonar en què han comès errors.

Diamant: La seva estructura atòmica és una variant de la xarxa cúbica centrada a les cares denominada "xarxa de diamant" (tetraedres regulars amb els vèrtexs ocu-

pats per àtoms de carboni). Aquesta estructura nanoscòpica és molt estable i dóna lloc a un material amb propietats físiques superlatives. És ben conegut que el diamant és el material més dur que es coneix fins ara i això es deu a la força amb la qual estan units els àtoms de carboni (mitjançant enllaços covalents).

Grafit: És una altra forma al·lotròpica del carboni. Es tracta d'un material amb estructura atòmica en capes i cada capa està formada per hexàgons formats per àtoms de carboni en hibridació sp^2 , cosa que dóna lloc a una xarxa de prismes hexagonals amb els carbonis als vèrtexs. És l'estructura de carboni més estable a pressió i temperatura ambient. A causa de la seva estructura laminar, el grafit és un material que s'exfolia amb facilitat. Quant a les seves propietats elèctriques, és conductor

en cada capa però semiconductor en la direcció perpendicular a les capes.

Carboni amorf: Aquesta forma al·lotròpica del carboni no té una estructura cristal·lina i conté cristalls microscòpics de grafit o, de vegades, de diamant, però en cap cas es manté un ordre de llarg abast.

Resposta a les preguntes plantejades als alumnes:

El grafit i el grafè s'assemblen en el fet que tots dos són capes de carboni, però el grafè és una sola capa i el grafit són moltes capes. La disposició hexagonal dels àtoms de carboni formant les capes fa que tots dos siguin conductors en aquestes 2 dimensions, però el grafit, com que forma làmines apilades, és aïllant en la tercera dimensió (el grafè és pla, no té tercera dimensió).

A escala macroscòpica observem, a més de les propietats conductores, diferents propietats físiques com la flexibilitat del grafè (el grafit no és flexible), la duresa del grafè (el grafit és tou)...

De nou, en grups de 4 o 5 alumnes hauran de pensar en altres possibles formes d'obtenir grafè i aplicacions d'aquest material.

Els mètodes d'obtenció del grafè són complicats, però poden explicar el que han fet o intentar pensar en d'altres com l'exfoliació del grafit i estendre la pols sobre una superfície llisa.

El mètode patentat per l'ICN2 aconsegueix imprimir sobre diferents substrats com ara tela, paper, pel·lícules adhesives o PET.

El mètode consta de tres passos senzills:

1. Es fa la impressió del disseny amb cera i es copia a la superfície de la membrana.
2. S'agafa la membrana i s'utilitza com a filtre d'una suspensió d'òxid de grafè en aigua. La cera impedeix el pas de l'òxid de grafè, de manera que aquest es diposita a les zones del disseny triat.
3. L'òxid de grafè es traspasa a la superfície desitjada per pressió.

Es pot veure el procés complet en el vídeo del [canal de YouTube de l'Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia](#) 'Patterning of graphene devices using paper and a simple office printer'.

L'equip conté un disseny imprès sobre un substrat flexible que es pot mostrar als alumnes perquè coneguin més de prop aquesta tecnologia.

La tecnologia d'impressió de l'ICN2 es pot fer in situ per utilitzar-la en una gran varietat de dispositius com supercondensadors, cel·les solars, biosensors o LED.

A més, aquesta tecnologia permet emprar altres materials electrònics com nanopartícules d'or o nanotubs de carboni.

activitat 3

ACTIVITAT FINAL

Per acabar, participaràs en un concurs. Per fer-ho, t'has d'ajuntar amb tres o quatre companys de manera que tots els equips tinguin un nombre d'inventors semblant.

El concurs consisteix a proposar una aplicació que inclogui els dos tipus de materials amb els quals s'ha treballat en les activitats anteriors: nitinol (o un altre material amb memòria de forma) i el grafè.

Per participar en el concurs haureu d'idear l'aplicació i plasmar el seu muntatge i funcionament en un dibuix, a més de pensar en les millores que suposa el vostre invent davant d'altres semblants que no utilitzen aquests materials.

Tots valorareu i sereu valorats per la resta de grups, per això heu de ser originals tant en l'aplicació com en les explicacions que doneu.

Per valorar la resta de grups haureu de tenir en compte l'originalitat del projecte, però també la viabilitat de dur-lo a terme.

Motiu de les accions i orientacions per al professorat

Com a activitat final es planteja una activitat de tipus "concurs" en què els jutges seran els mateixos alumnes i valoraran l'originalitat i la viabilitat de les aplicacions de cada grup per a cada un dels materials.

Després de cada exposició, el professor pot comentar algun detall de les aplicacions que les faci viables o no. Per acabar, els alumnes votaran el projecte que considerin més viable/original.

En una primera part, els grups mostraran els seus esquemes o dibuixos per explicar les aplicacions que han pensat.

Finançat per:



NanoEduca som:

