

Química del estado Sólido

Gustavo Tavizón, lab. F214

Semestre 1

2021/1 8:30-10 salón virtual por ahora

gtavizon@quimica.unam.mx

PROGRAMAS DE ESTUDIO
CUARTO, QUINTO O
SEXTO SEMESTRE

Asignatura QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO	Ciclo FUNDAMENTAL DE LA PROFESIÓN	Área QUÍMICA	Departamento QUÍMICA INORGÁNICA Y NUCLEAR
--	---	-----------------	---

HORAS/SEMANA/SEMESTRE

OBLIGATORIA	Clave 1414	TEORÍA 3h/48h	PRÁCTICA 3h/48h	CRÉDITOS 9
-------------	------------	---------------	-----------------	------------

Tipo de asignatura:	TEÓRICA-PRÁCTICA
Modalidad de la asignatura:	CURSO

ASIGNATURA PRECEDENTE: Química Inorgánica I
ASIGNATURA SUBSECUENTE: Ninguna

OBJETIVO(S):
El propósito de este curso es dar conocimiento para el estudio y comprensión de la química del estado sólido. El curso se enfoca principalmente a los sólidos inorgánicos y los de interés en la vida moderna. Dado que las propiedades de los sólidos son fuertemente dependientes de su estructura y de la química de ellos, la importancia de este curso se basa en los siguientes objetivos: Ofrecer a los estudiantes una educación comprensiva en los fundamentos de las ciencias químicas, principalmente las relaciones síntesis-estructura-desarrollo de propiedades y aplicaciones a los diferentes tipos de sólidos inorgánicos. La preparación necesaria para los métodos de caracterización de sólidos cristalinos y no cristalinos. Desarrollo de habilidades para la investigación y aplicación de los sólidos ya existentes, modificación, predicción y diseño de sólidos nuevos, con diferentes propiedades químicas y físicas.

UNIDADES TEMÁTICAS

NÚMERO DE HORAS POR UNIDAD	UNIDAD
1:30T 1:30 h	1. INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO 1.1. Importancia y evolución de la Química del estado Sólido. 1.2. Importancia industrial y de investigación en México. 1.3. Áreas científicas interrelacionadas con la Química del Estado Sólido. 1.4. Últimos avances en la Química del Estado Sólido.
1:30T-3L 4:30 h	2. SÓLIDOS 2.1. Sólidos elementales (Tabla Periódica). 2.2. Sólidos en nuestro planeta (Corteza terrestre (Litófilos y calcófilos) Núcleo (Siderófilos). 2.3. Minerales (Silicatos, óxidos, sulfatos, fosfatos, haluros, hematita-magnetita, grafito, corundo, otros). 2.4. Sólidos Cristalinos y no cristalinos.
3T-3L 6 h	3. SÍNTESIS 3.1. Reacciones en estado sólido 3.2. Sol-gel. 3.3. Precursores y química suave. 3.4. Métodos de transporte en fase vapor. 3.5. Intercambio e intercalación. 3.6. Métodos electroquímicos.

	<p>3.7. Método hidrotérmal y alta presión.</p> <p>3.8. Vidrios y fundidos.</p>
<p>12T-12L</p> <p>24 h</p>	<p>4. MODELO DE EMPAQUETAMIENTO DE ESFERAS RÍGIDAS</p> <p>4.1. Empaque cúbico y hexagonal compactos.</p> <p>4.2. Factor de eficiencia del empaque, densidad y volumen.</p> <p>4.3. Relación del parámetro de red respecto al radio.</p> <p>4.4. Arreglos no compactos.</p> <p>4.5. Ocupación del espacio, intersticios o huecos octaédricos y tetraédricos (recordatorio de la relación de radios y número de coordinación).</p> <p>4.6. Estructuras tipo: Estructuras basadas en FCC. a) NaCl, b) ZnS (blenda), c) CaF₂ y Na₂O. Estructuras basadas en HCP a) NiAs, b) ZnS (wurtzita), c) Al₂O₃, d) Imenita, e) TiO₂ (rutilo). Combinadas a) ReO₃, ABX₃, b) AB₂X₄.</p> <p>4.7. Representación de poliedros</p>
<p>3T-3L</p> <p>6 h</p>	<p>5. PUNTOS, DIRECCIONES Y PLANOS RETICULARES</p> <p>5.1. Índices de Miller para celdas cúbicas.</p> <p>5.2. Índices de Miller-Bravais para celdas hexagonales.</p>
<p>3T-3L</p> <p>6 h</p>	<p>6. SISTEMAS CRISTALINOS</p> <p>6.1. Concepto de Lattice o celda cristalina.</p> <p>6.2. Sistemas Cristalinos.</p> <p>6.3. Redes de Bravais.</p>
<p>6T-6L</p> <p>12 h</p>	<p>7. SIMETRÍA</p> <p>7.1. Simetría externa e interna. Forma y hábitos cristalinos.</p> <p>7.2. Elementos y Operaciones.</p> <p>7.3. Grupos puntuales, nomenclatura y proyecciones.</p> <p>7.4. Notación de grupos espaciales.</p> <p>7.5. Representación en planta.</p>
<p>6T-6L</p> <p>12 h</p>	<p>8. IRREGULARIDAD CRISTALINA - IMPERFECCIÓN</p> <p>8.1. La solución sólida - imperfección química, solución sólida sustitucional e intersticial.</p> <p>8.2. Defectos Puntuales: Frenkel y Schottky.</p> <p>8.3. Conductividad y Difusión en sólidos</p> <p>8.4. Defectos en una dimensión, lineales o dislocaciones y deformación mecánica (vector de Burgers).</p> <p>8.5. Defectos en dos dimensiones o planares y propiedades de superficie (bordes de grano, bordes de macía).</p> <p>8.6. Estructuras de no - cristalinos, vidrios, cuasicristales y fractales.</p>
<p>3T-3L</p> <p>6 h</p>	<p>9. TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN O ANALÍTICAS</p> <p>9.1. Selección del análisis según su propósito o aplicación, limitaciones y tipo de resultados.</p> <p>9.2. Difracción de rayos-X de cristal solo y muestras policristalinas.</p> <p>9.3. Fluorescencia de rayos-X, aplicaciones y limitaciones. Objetivo de la fluorescencia en microscopía.</p> <p>9.4. Microscopías: óptica, de polarización, MEB, TEM Y HTEM, Fuerza Atómica, otras.</p> <p>9.5. Métodos térmicos: DTA, TG, DSC.</p> <p>9.6. Pruebas mecánicas, eléctricas, magnéticas, de superficie y otras.</p> <p>9.7. Métodos químicos: cálculo de fórmulas estructural y su interpretación.</p>

6T-6L 12 h	10. INTERPRETACIÓN DEL EQUILIBRIO DE FASES 10.1. Equilibrio. Regla de las Fases de Gibbs. 10.2. Representación de diagramas de un componente. 10.3. Representaciones de dos componentes. 10.4. Puntos invariantes eutéctico y peritético. 10.5. Productos de enfriamiento lento y brusco (quenching). 10.6. Proceso de sinterización.
3T-3L 6 h	11. PROPIEDADES Y APLICACIONES 11.1. Térmicas y mecánicas. 11.2. Eléctricas y magnéticas. 11.3. Ópticas 11.4. Químicas 11.5. Aplicaciones Sólidos estructurales: cementos, refractarios. Aislantes, conductores, semiconductores y superconductores. Magnéticos. Cerámicas Duras.

SUMA: 48T + 48L = 96 h

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA (IMPRESINDIBLE)

1. Rao, C. N. R., Gopalakrishnan, J. *New Directions In Solid State Chemistry*. New York: Cambridge University Press, 2a. Edición, 1997.
2. West, A. R. *Basic Solid State Chemistry*, 2nd Ed, John Wiley, 1999.
3. Smart, L.; Moore, E. A. *Solid State Chemistry. An Introduction*, Boca Raton, CRC Press, 2005.
4. Askeland, Donald R. **CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES**. México, International Thomson, 1998.
5. Dann, S. E. *Reactions and Characterization of Solids*. New York, J. Wiley, 2002.
6. Ellis, A. B., Geselbracht, M. J., Johnson, B. J., Lisensky, G. C., y Robinson, W. R. *Teaching General Chemistry: A Material Science Companion*. American Chemical Society. 1993.
7. Yanahida, R., Koumoto, K., Miyayama, M y Yamada, H. *The Chemistry of Ceramics*. New York, J. Wiley, 1996.
8. Newman, A. M. *Focus on Solid State Chemistry*. Nova Science Publisher, 2007.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. Shackelford, J. F. *Introduction to Material Science for Engineers*. 5ed. New Jersey, Prentice-Hall, 2001.
2. Klein, C. y Hurlbut, C. S. *Manual de Mineralogía*. México, Reverté, 1996.
3. Programa de cómputo, *CaRine Crystallography 3.1*
4. Interrante, L. V. y Smith, H. *Chemistry of Advanced Materials*. New York, Wiley-VCH, 1999.
5. Veliotti, J. B. *New Research on Solid State Chemistry*, Nova Science Pub., 2007.

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

Ayudarse de retroproyector o de otro medio visual como proyección por cómputo, para mostrar estructuras cristalinas principalmente.
 Filminas con fotos de minerales y proyecciones.
 Casos en forma de exposición, en forma de seminario, preguntas y respuestas, problemas, exámenes sorpresa. Visitas industriales.

FORMA DE EVALUAR

Laboratorio 33%, exámenes periódicos como forma de evaluar el porcentaje de aprendizaje.
 Series de problemas.
 Exposiciones de los alumnos con algún tema particular, para evaluar investigación de información, síntesis, comprensión de lo investigado, adquiriendo el lenguaje apropiado

para una explicación frente al grupo.

Participación de los alumnos en las discusiones de las exposiciones de las clases, o de algún artículo que se deje investigar, evaluando el estudio, la investigación y los comentarios pertinentes.

Investigación de algún tema en particular, evaluar investigación de información, síntesis, comprensión de lo investigado, redacción y exposición.

Algunos recursos (software) para las representaciones de cristales

CARINE:

http://carine.crystallography.pagesperso-orange.fr/WWW_RESOURCES_TRIAL_VERSIONS.html

VESTA:

<http://jp-minerals.org/vesta/en/download.html>

Crystalmaker:

<http://www.crystalmaker.com/>

Diamond:

<http://www.crystalimpact.com/diamond/>

Mercury:

<https://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/mercury/>

Acuerdos de clase:

- a) Horarios
- b) Asistencias
- c) Exámenes
- d) Tareas
- e) Laboratorio
- f) Exposiciones
- g) Celulares
- h) Calificación final

Pregunta:

¿Por qué un curso de química de sólidos?

ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

SCREEN



Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.



The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.



A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.

ELECTRONICS



Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.



Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.



Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.



Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.

BATTERY



The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

CASING



Magnesium compounds are alloyed to make some phone cases, whilst many are made of plastics. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.

CELL PHONE CHEMISTRY

A look at the elements that make up your smartphone

A typical cell phone contains some of the most valuable elements on Earth. With everything from gold to silver, it's like having a little treasure chest in your pocket.

A smartphone is packed with at least 40 elements, says Andy Brunning, a chemistry teacher in Bournemouth, U.K. His website, Compound Interest, illustrates the chemistry of everyday items, like phones. "As far as everyday chemistry goes, the cell phone that most of us carry around is up there," he says.

Check out the diagram to find out about some of the elements and compounds that put the smarts in your phone.

—Andrew Klein

KEY

 Alkali metals	 Other metals
 Transition metals	 Nonmetals
 Inner transition metals	

*Denotes a gas

BATTERY

3 Li Lithium (6.938, 6.997)	13 Al Aluminum 26.98
--	---

When you turn on your phone, positively charged lithium ions move through a lithium-salt solution that conducts electricity. Electrons flow out of the battery, producing the electric current that powers your phone. The rechargeable battery's casing is made of aluminum.

CIRCUITRY

29 Cu Copper 63.55	47 Ag Silver 107.9
50 Sn Tin 118.7	79 Au Gold 197.0

The circuit board has gold, copper, and silver—good electrical *conductors*. The *connectors* (pins that join circuits to the circuit board) are coated in gold because it's highly resistant to corrosion. The wiring is copper. Solder—an alloy of tin, silver, and copper—binds parts of the circuit board.

COMPUTER CHIP

14 Si Silicon (28.08, 28.086)	15 P Phosphorus 30.97
31 Ga Gallium 69.72	33 As Arsenic 74.92
	51 Sb Antimony 121.8

The chip is the phone's brain. It has many *transistors* made of antimony, phosphorus, and gallium arsenide (GaAs). Transistors act as paths and switches that tell the phone to follow or stop following commands. The chip is embedded with silicon—which has low conductivity—to channel electricity only through the conductive transistors.

WATCH A VIDEO
www.scholastic.com/scienceworld

4 BONUS SKILLS SHEETS
www.scholastic.com/scienceworld

TOUCH SCREEN

8 O Oxygen (15.99, 16.00)	49 In Indium 114.8	50 Sn Tin 118.7
--	---	--

A thin layer of indium tin oxide—a mixture of indium oxide (In_2O_3) and tin oxide (SnO_2)—conducts electricity. When you touch the screen, a change in the electrical field occurs and communicates your finger's location to the phone's chip.

GLASS

8 O Oxygen (15.99, 16.00)	13 Al Aluminum 26.98	14 Si Silicon (28.08, 28.086)	19 K Potassium 39.10
--	---	--	---

Smartphone screens contain aluminosilicate glass, made from the compounds alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). If you've ever dropped your phone and its screen has stayed intact, you can thank potassium ions (atoms that have gained or lost electrons). They help strengthen the glass.

DISPLAY

39 Y Yttrium 88.91	57 La Lanthanum 138.9	63 Eu Europium 152.0
64 Gd Gadolinium 157.3	65 Tb Terbium 158.9	66 Dy Dysprosium 162.5

A cell phone's display contains several rare earth elements. These elements are spread out widely in Earth's crust, making them hard to mine. Small quantities of yttrium, europium, and dysprosium help produce the colors on the phone's liquid crystal display (LCD) screen. Gadolinium, lanthanum, and terbium give the screen its glow.

MICROPHONE AND SPEAKERS

5 B Boron (10.80, 10.83)	26 Fe Iron 55.85	28 Ni Nickel 58.69	60 Nd Neodymium 144.2
---	---	---	--

The microphone's wafer-thin *diaphragm*, which vibrates when sound waves strike it, is made of nickel. The vibrations are converted into an electrical current that becomes the audio signal.

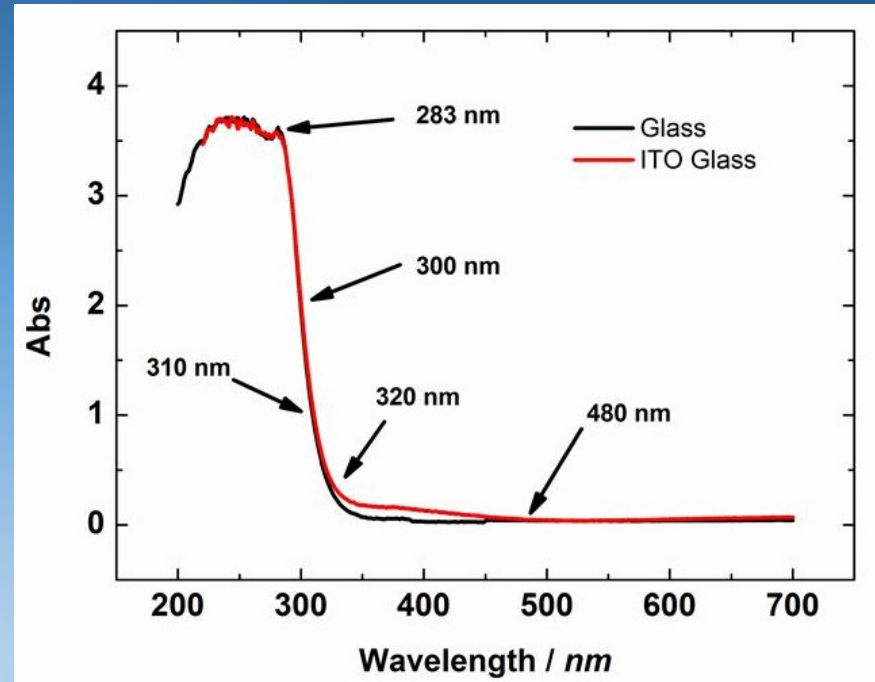
Magnets vibrate in the speaker to create audible sound. Magnets of neodymium ($Nd_2Fe_{14}B$) are used because they're the strongest magnets, so even though they're small, they're powerful.

CORE QUESTION

What are three elements used in a cell phone? What are their applications?



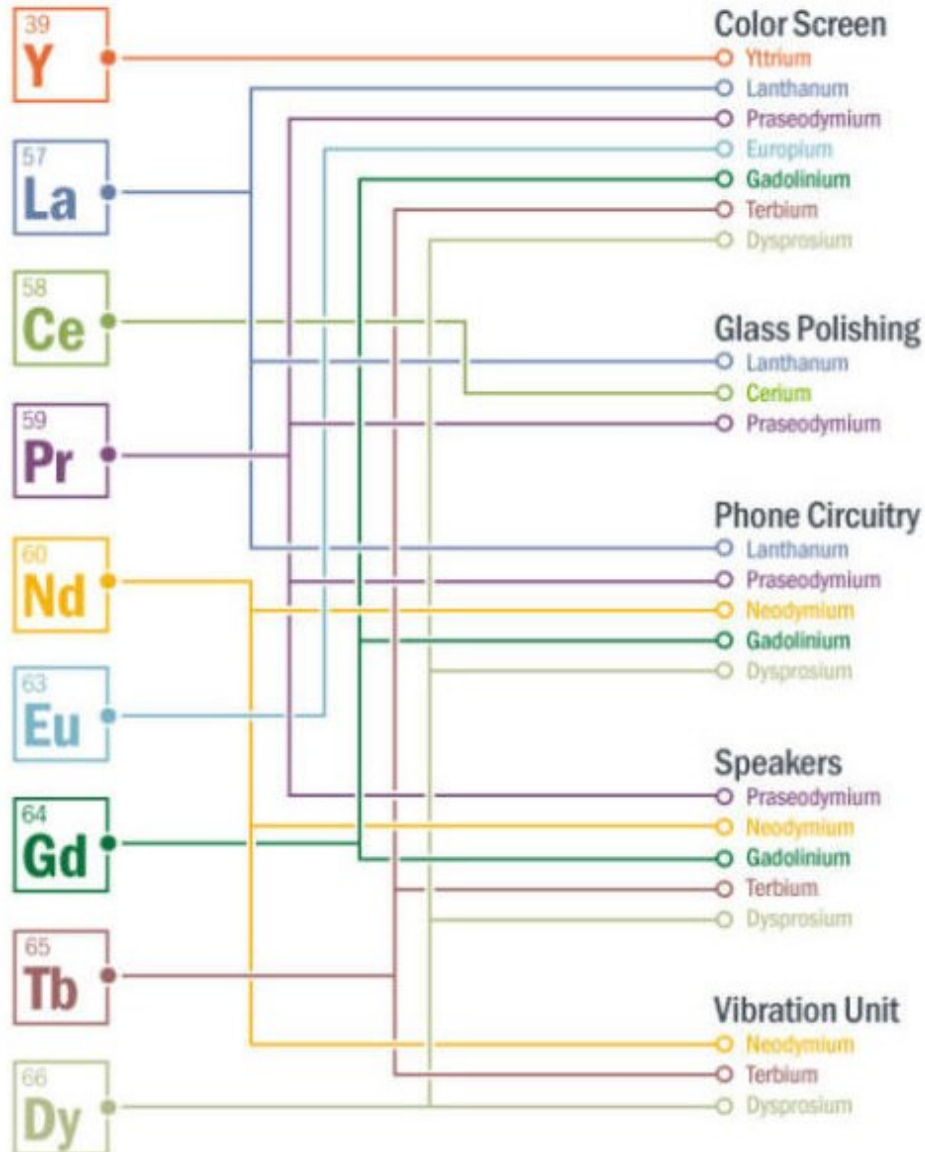
http://www.visionteksystems.co.uk/ito_conductive_film.htm

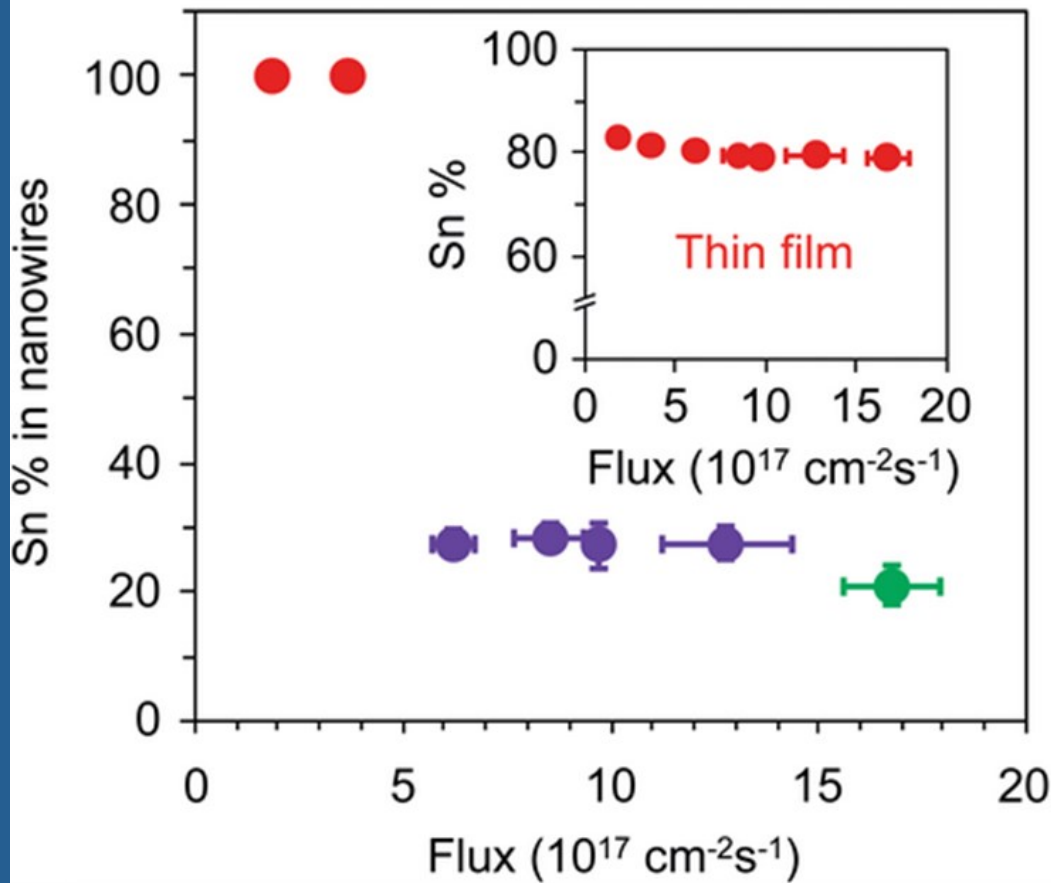


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Absorption_of_glass_and_ITO_glass.jpg

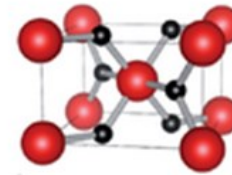
WHERE THEY END UP

If you look hard enough, an iPhone can be a lesson in high school chemistry. The device includes several rare-earth minerals that do everything from making the reds on the screen pop to having the phone vibrate when a call comes in.

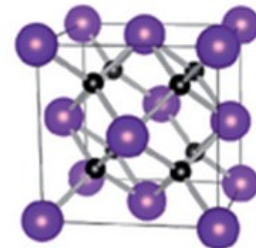




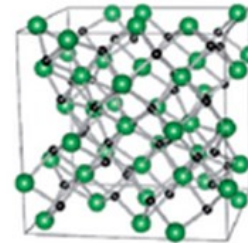
● SnO₂ :Rutile ($P4_2/mnm$)



● ISO :Fluorite ($Fm\bar{3}m$)

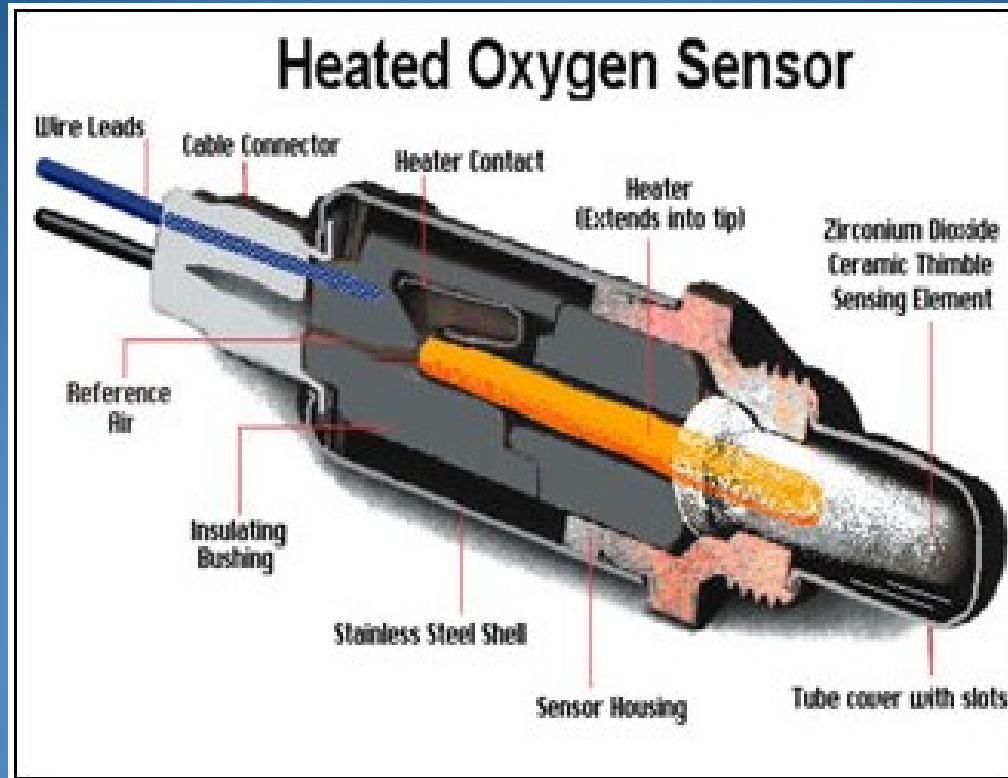


● ITO :Bixbyite ($Ia\bar{3}$)

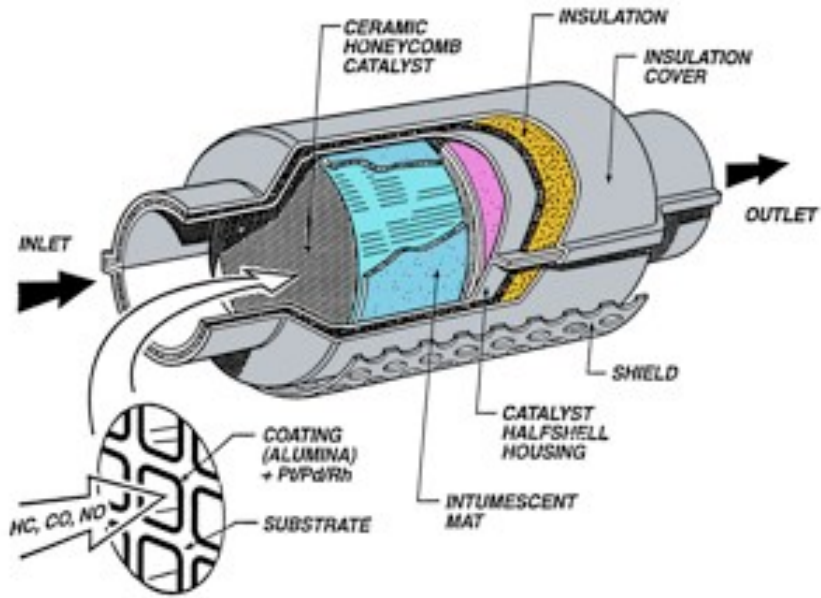


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Absorption_of_glass_and_ITO_glass.jpg

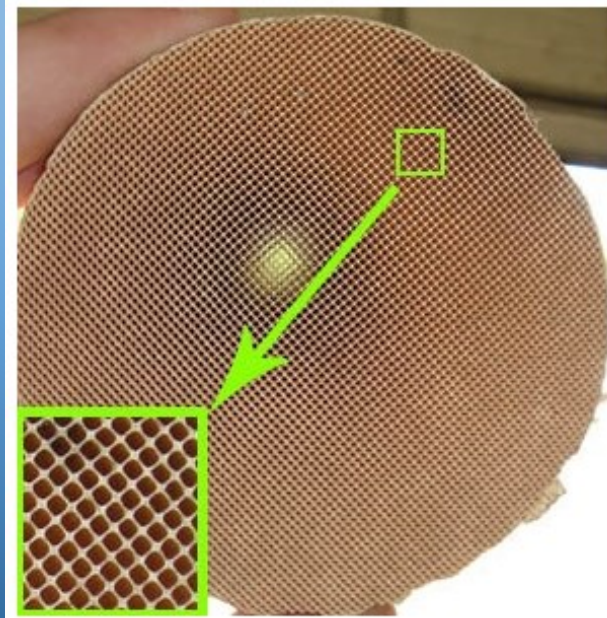
Sensores:



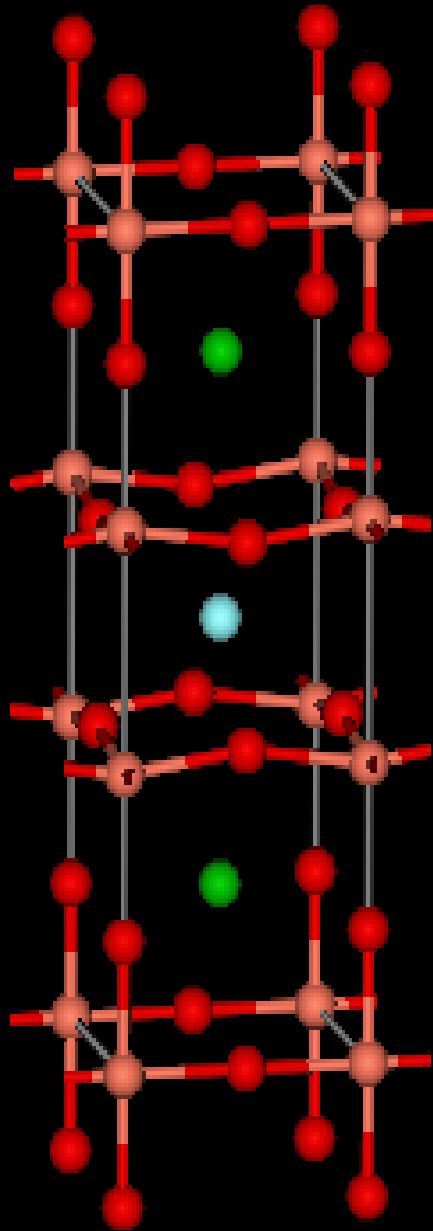
<https://www.carid.com/articles/oxygen-sensor-why-does-my-car-have-four.html>



<http://www.meca.org/resources/featured-article>

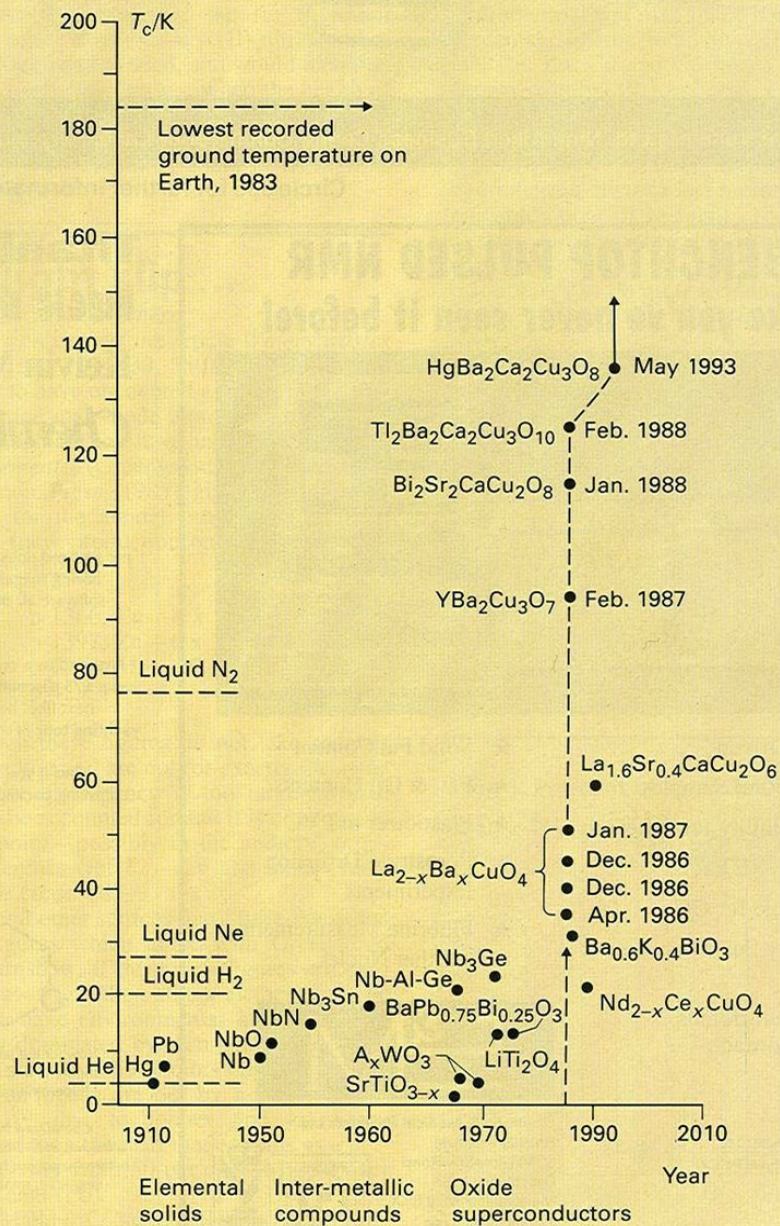


<https://www.drive2.ru/l/1861652/>



Celda unitaria del $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

A new era for chemical superconductors



Existe un aspecto económico que es muy importante y mueve muchas cosas:

En que material les gustaría pensar?:

- Vidrios?
- Cemento?
- Catalizadores heterogéneos ?
- Materiales para la industria de la electrónica?
- varistores, piezoeléctricos, termoeléctricos, termomagnéticos?
- microcircuitos...procesadores?
- Biomateriales?
- Polvo de diamante ? Gemas sintéticas ?
- Metales ?
- Aleaciones? Latas de refresco ?
- Corrosión ?

Finalmente quizá valga la pena evocar el reclamo que León Ledermann hacía al presidente de los EU en el que le menciona que alrededor del 38 % del PNB de su país estaba en deuda con la MC (y el estado sólido)

FIGURE 20.13
(a) Schematic diagram and (b) x-ray of an artificial total hip replacement.

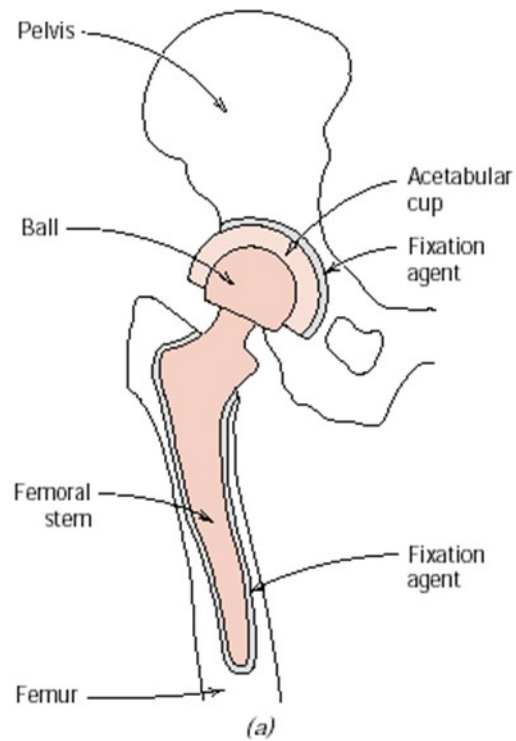


FIGURE 20.14 Photograph showing two artificial total hip replacement designs.

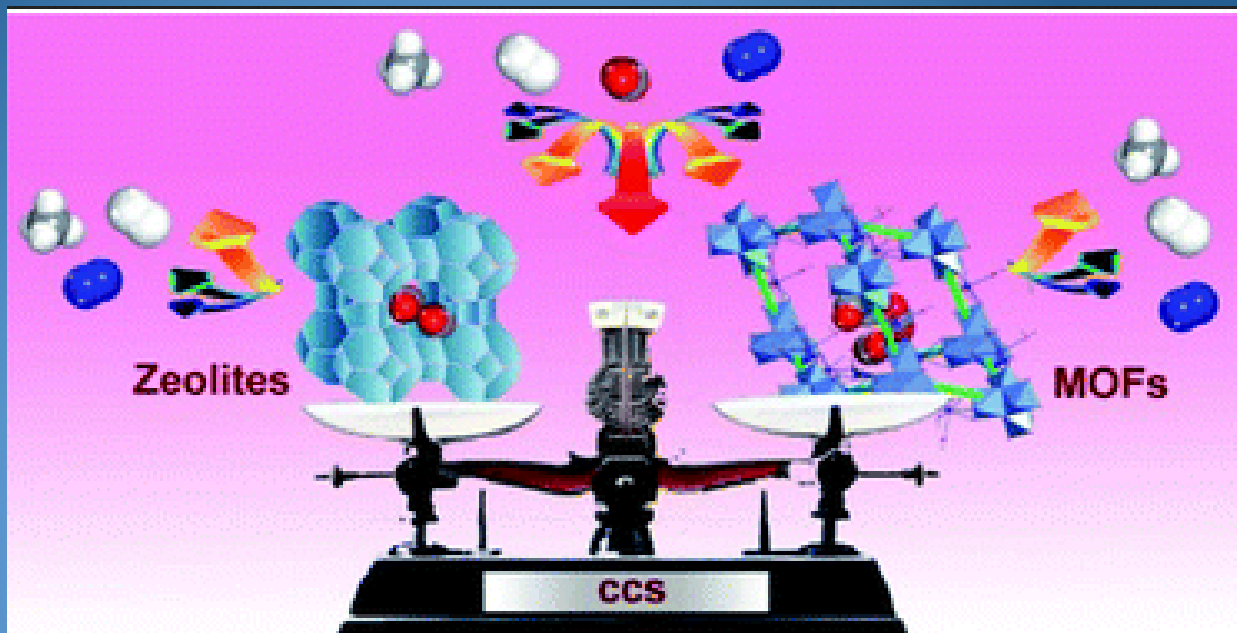


<https://magnetsim.com/materials/sintered-ferrite>

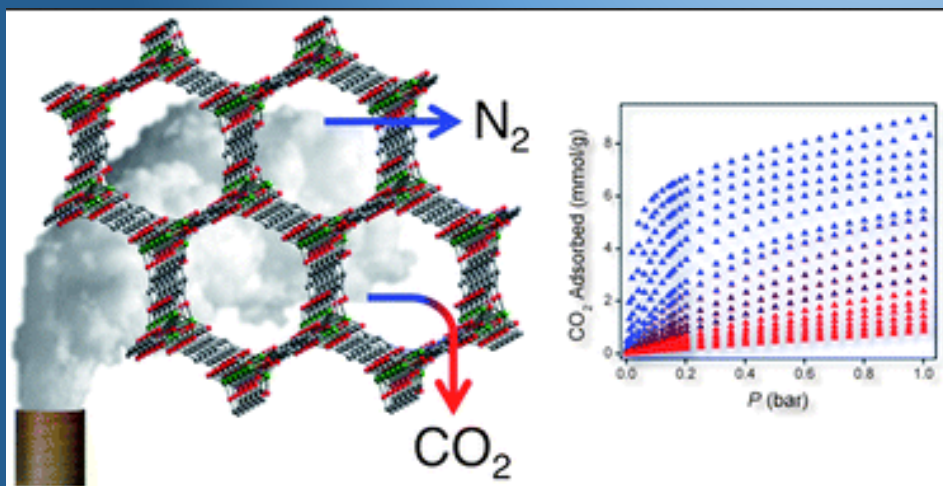
El comercio mundial de imanes en 2004 alcanzo 49×10^9 USD

Algunos asuntos de interés común

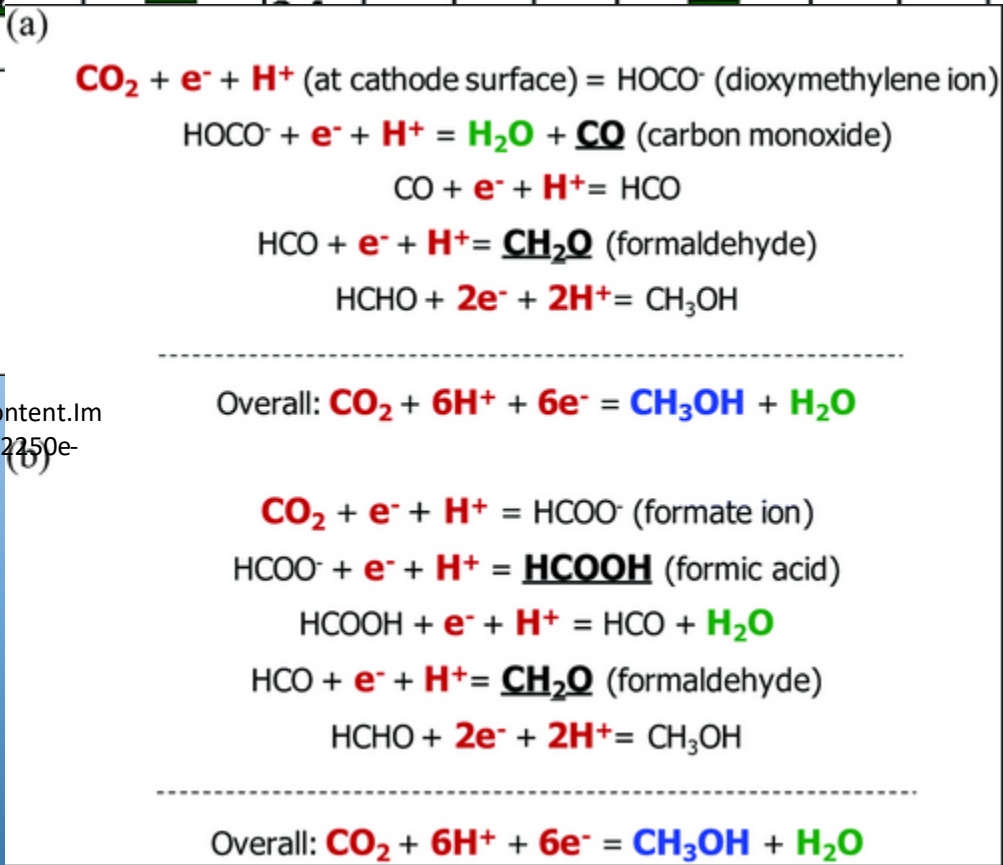
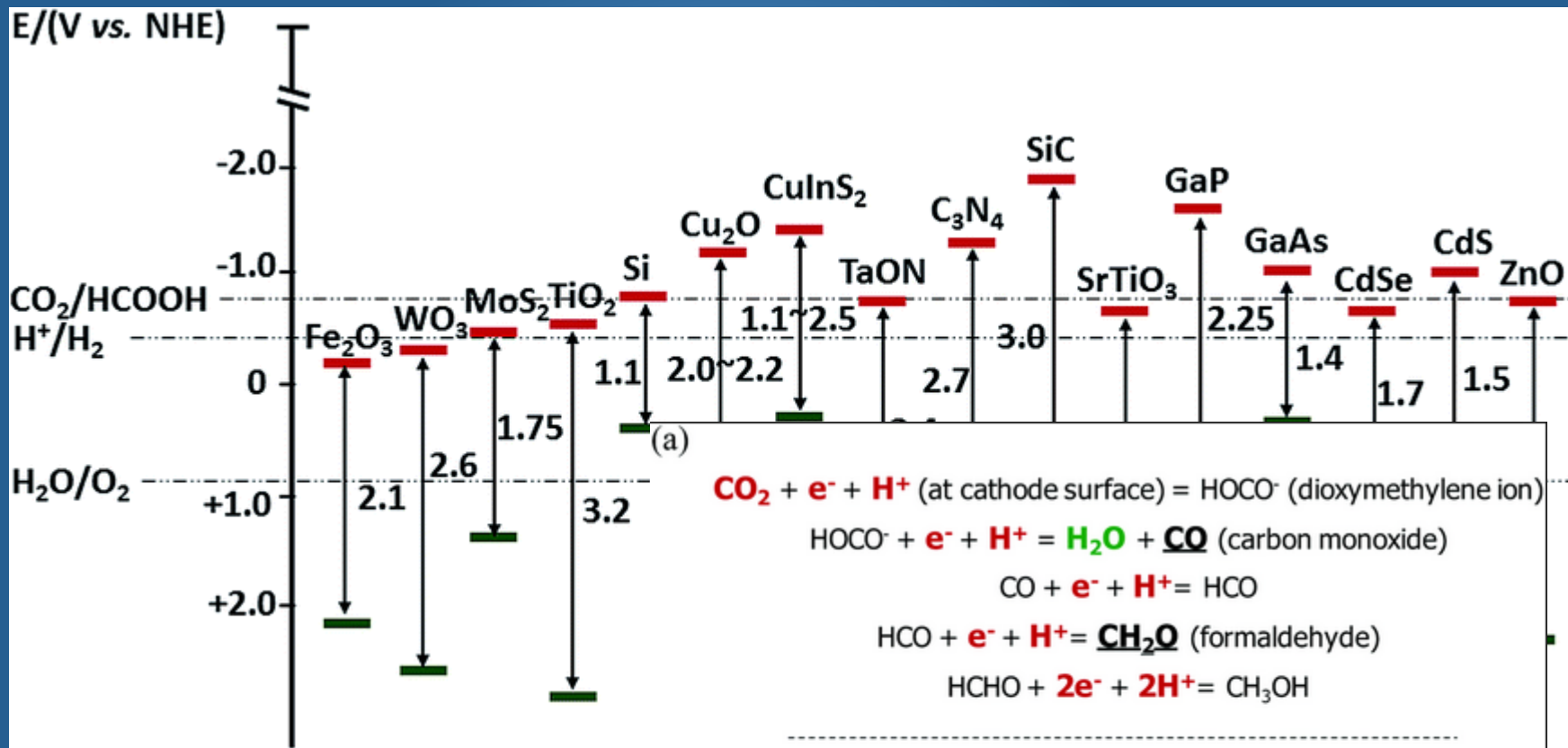
Captura de CO₂



<http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/image/GA?id=C4EE00143E>

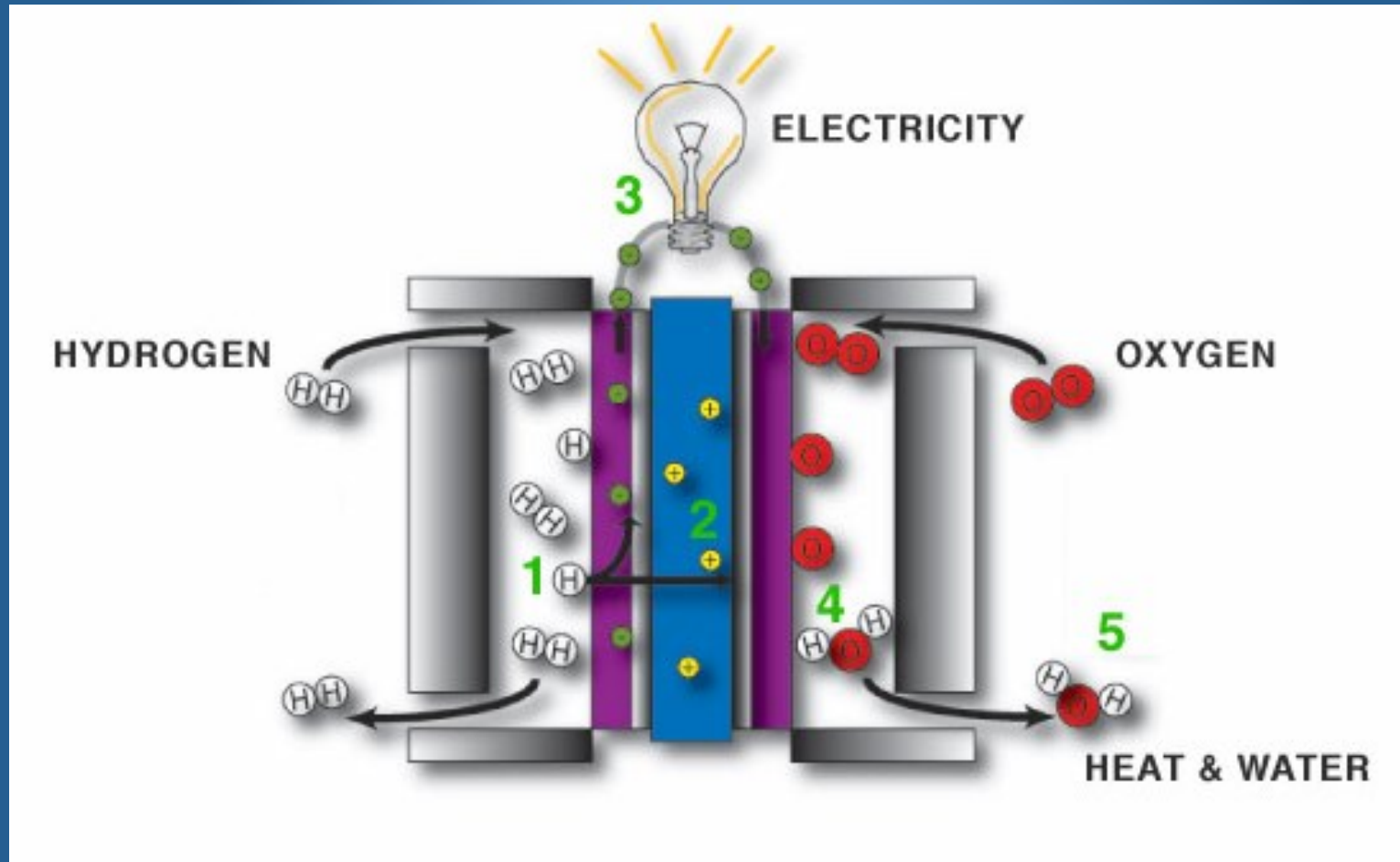


<http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/image/GA?id=C1EE01720A>

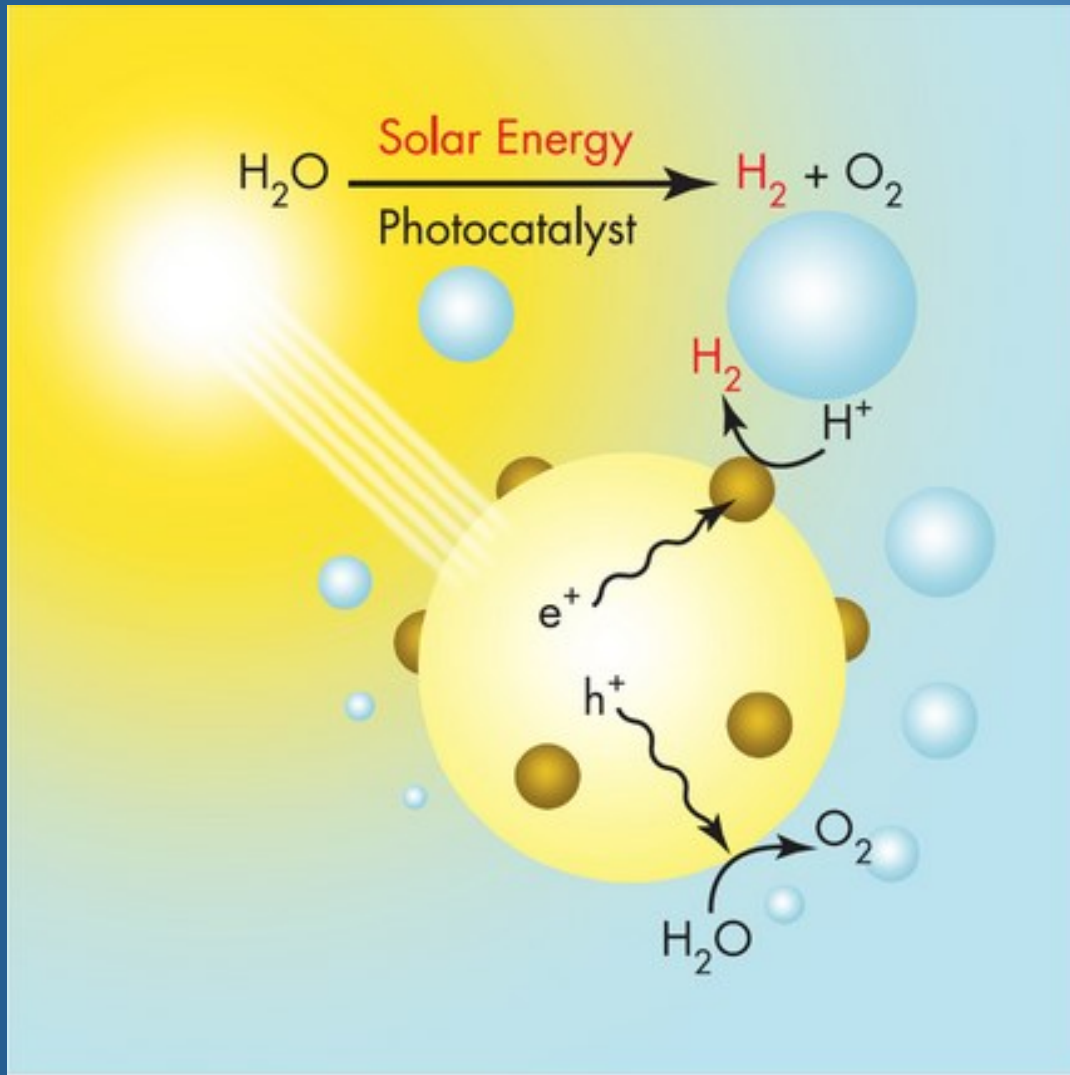


http://pubs.rsc.org/services/images/RSCpubs.ePlatform.Service.FreeContent.ImageService.svc/ImageService/ArticleImage/2014/TA/c4ta02250e/c4ta02250e-f1_hi-res.gif

Obtención de celdas combustibles



Ruptura de agua para la obtención de H



d^0 transition metal oxides

d^{10} typical metal oxides

SrTiO_3 , $\text{A}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ (M=Na, K, Rb)
 BaTi_4O_9 , $\text{A}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ (A=K, Rb, Cs)
 $\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_{10}$, $\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$

Ti^{4+}	V	Cr
Zr^{4+}	Nb^{5+}	Mo
Hf	Ta^{5+}	W^{6+}

ZrO_2

MIn_2O_4 (M=Ca, Sr)
 LaInO_3 , AlInO_2 (A=Li, Na)

PbWO_4

ATaO_3 (A=Na, K)
 MTa_2O_6 (M=Ca, Sr, Ba)
 $\text{Sr}_2\text{Ta}_2\text{O}_7$, $\text{ACa}_2\text{Ta}_3\text{O}_{10}$ (A=H, Na, Ca),
 $\text{A}_2\text{SrTa}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (A=H, K, Rb)
 ALnTa_2O_7 (A=H, Na, Rb, Ln=La, Nd), $\text{Ba}_2\text{Ta}_4\text{O}_{15}$, $\text{K}_3\text{Ta}_3\text{B}_2\text{O}_{12}$

$\text{A}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ (A=K, Rb)
 $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$, $\text{Cs}_2\text{Nb}_4\text{O}_{11}$

MGa_2O_4 (M=Ca, Sr, Zn)
 Ga_2O_3

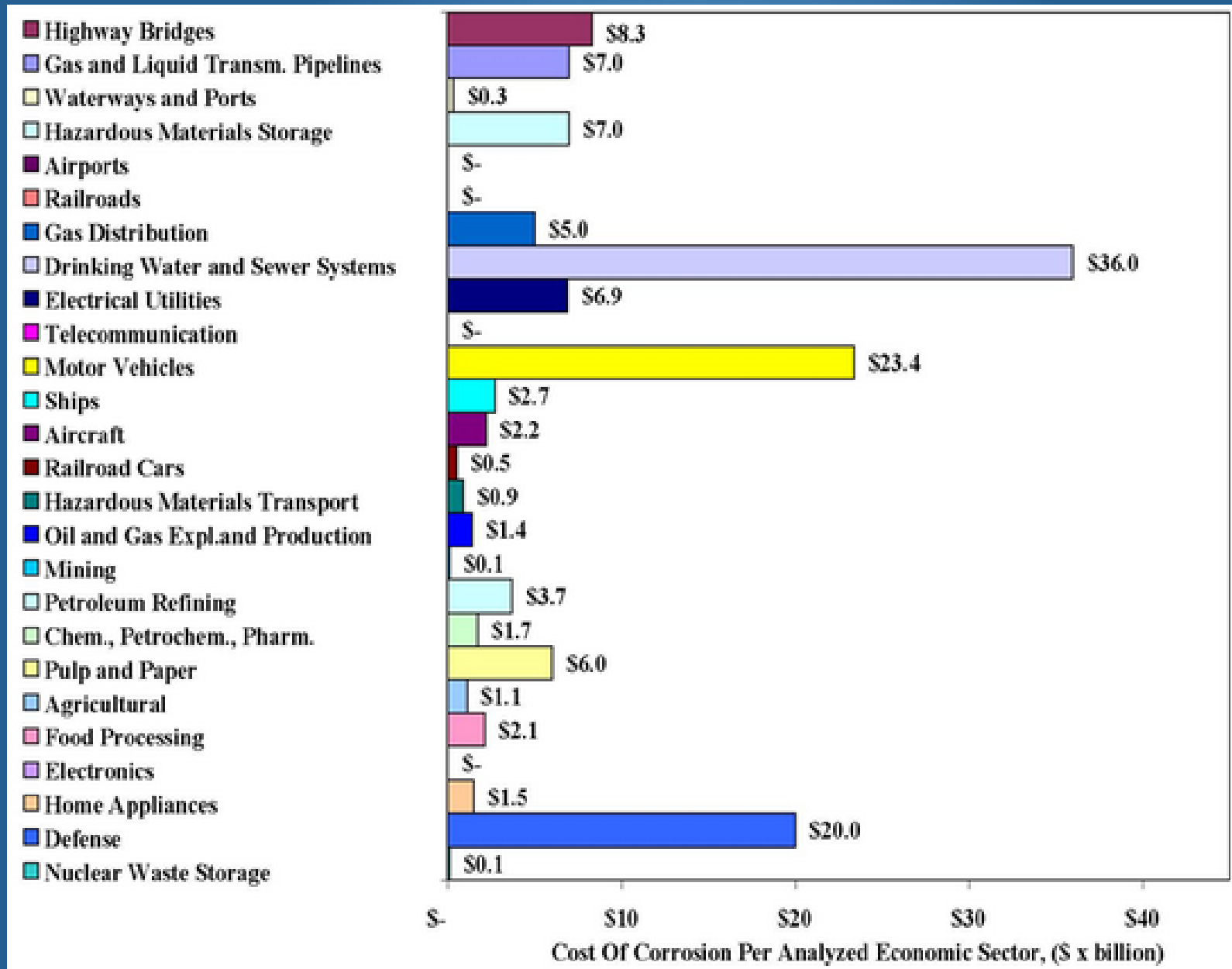
Zn_2GeO_4

Ga^{3+}	Ge^{4+}	As
In^{3+}	Sn^{4+}	Sb^{5+}
Tl	Pb	Bi

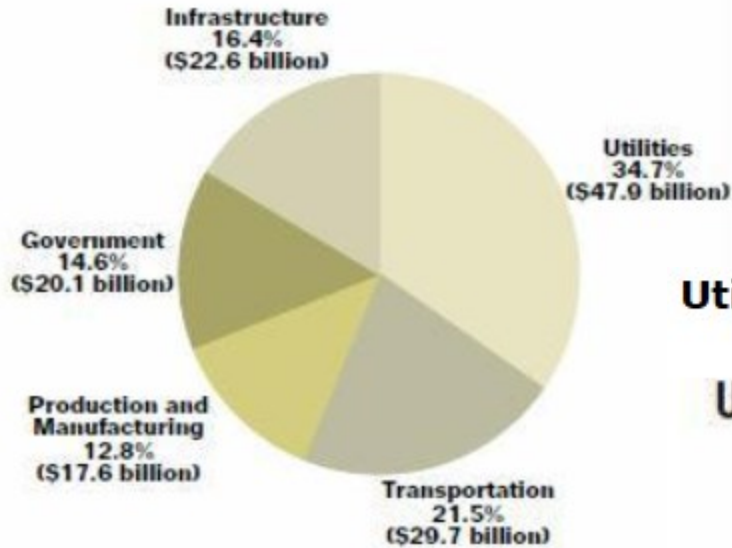
M_2SnO_4 (M=Ca, Sr)

NaSbO_3 , MSb_2O_6
 $\text{M}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ (M=Ca, Sr)

La Corrosión y sus costos:



COST OF CORROSION IN INDUSTRY CATEGORIES (\$137.9 BILLION)



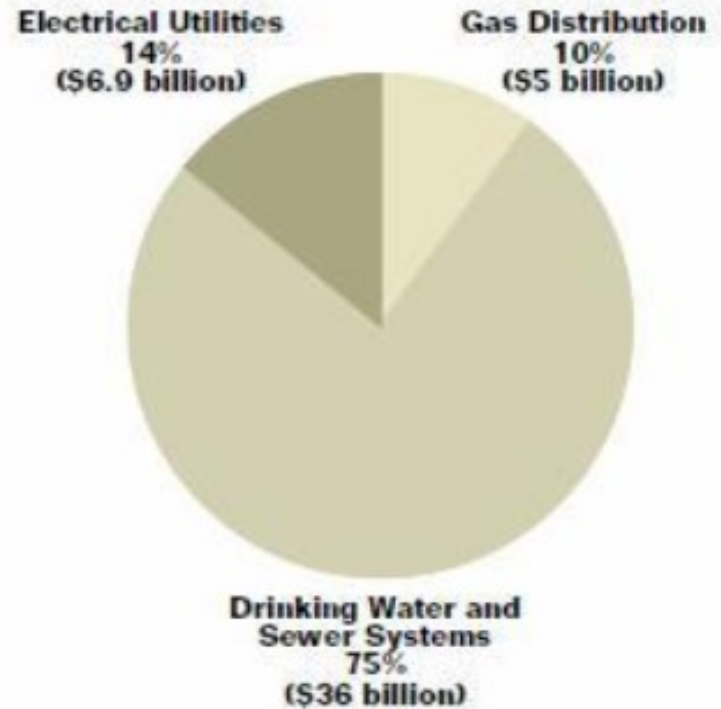
Infrastructure

INFRASTRUCTURE (\$22.6 BILLION)



Utilities

UTILITIES (\$47.9 BILLION)

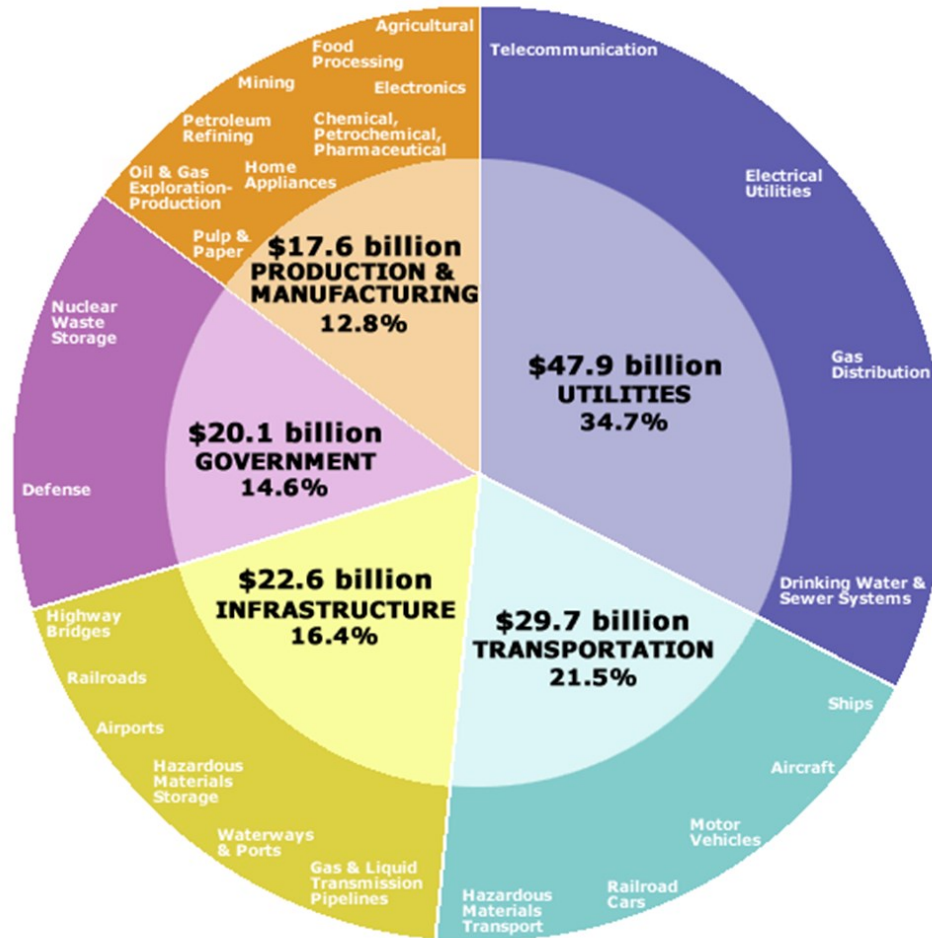


<http://energyskeptic.com/2016/corrosion-eats-552-per-year-6-of-gdp/>

10 datos ilustrativos sobre corrosión:

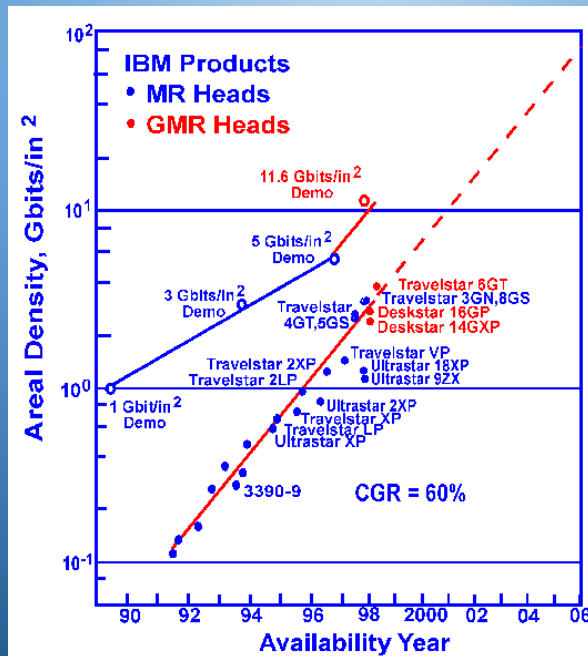
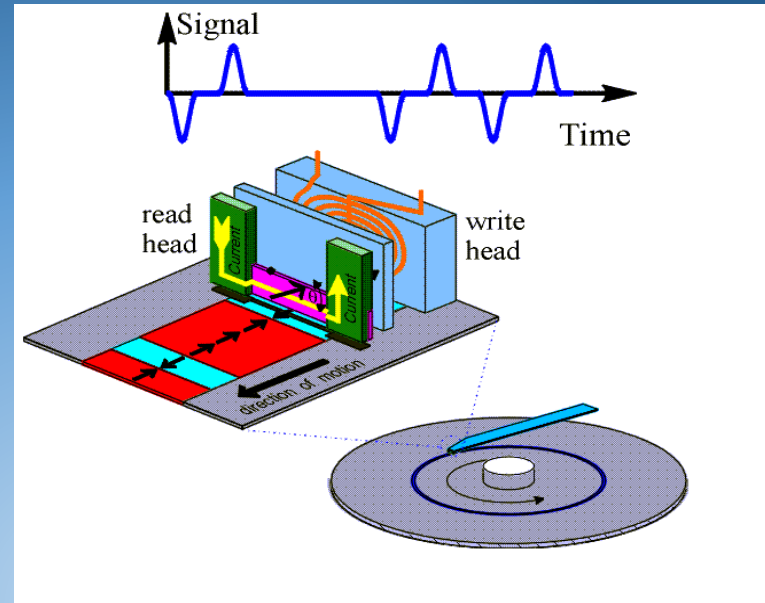
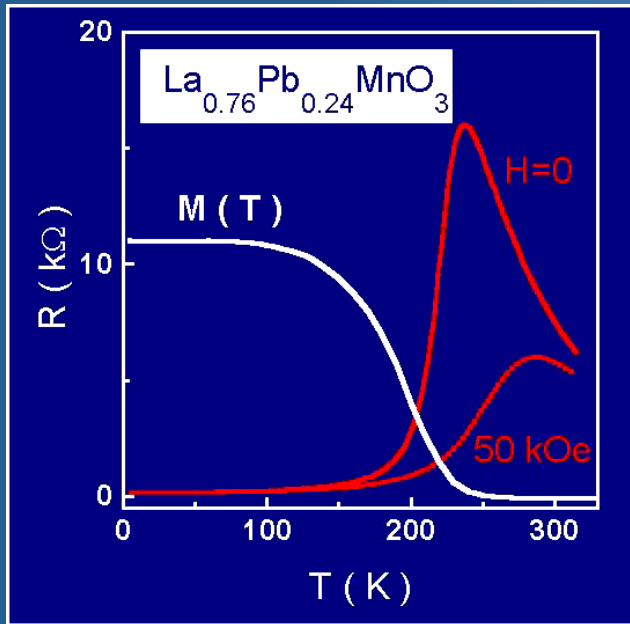
Fuente:

US Army gasta 2,000 millones de dólares sólo en pintura anticorrosiva	Invisible Enemy", Engineering, September 2003.
El costo de la corrosión de Automóviles (USA) es de 23.4 mil millones de dólares	Office of Infrastructure Research and Development, Report FHWA-RD-01-156, September 2001.
Costo de la corrosión en los puentes de los Estados Unidos de Norteamérica 30 000 millones de dólares (600 000 puentes)	Materials Performance, March 2002, p.31.
En Japón el costo estimado de la corrosión es del 0.8-1.0 % del GNP (PIB)	National Institute for Materials Science (Japan).
En ductos de transporte de prod. del petróleo (gas, aceite, etc.) se gastan 7 000 millones anuales para prevenir corrosión	Office of Infrastructure Research and Development, Report FHWA-RD-01-156, September 2001.
Suiza invierte el 3-5 % del GNP (PIB) 10-15 mil millones de Francos Suizos por año, previniendo corrosión	EMPA web site (dated 1999).
En Estados Unidos de Norteamérica, el costo total de la corrosión se estima en 4 % del GNP (más de 1000 dólares por año por persona (300 000 millones de dólares por año)	Extrapolación basada en Batelle news release, 1996.
En Estados Unidos de Norteamérica, el costo directo total de la corrosión se estima en 3.2 % del GNP (279 000 millones de dólares por año)	Report FHWA-RD-01-156, September 2001.
En Estados Unidos de Norteamérica, el costo directo total de la corrosión se estimó en 5 000 millones en 1941	Akron Section of the American Chemical Society), April 1996
Tan solo en lo relativo a vehículos de autotransporte se destina el	Materials Performance, March 2002, p.31.

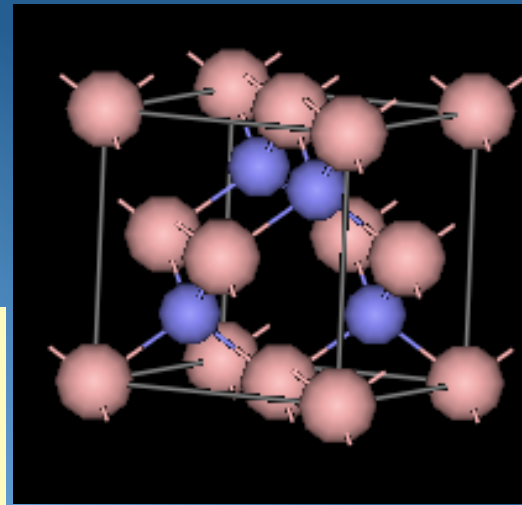


FHWA funds Cost of Corrosion Study.
 Total Direct Cost of Corrosion in Analyzed Sectors: \$137.9 billion/year (1998).
 Extrapolated to U.S. Economy; Cost of Corrosion is \$275.7 billion/year (1998).

Algunas bondades de los magnetorresistores gigantes y colosales



Celda unitaria de BN

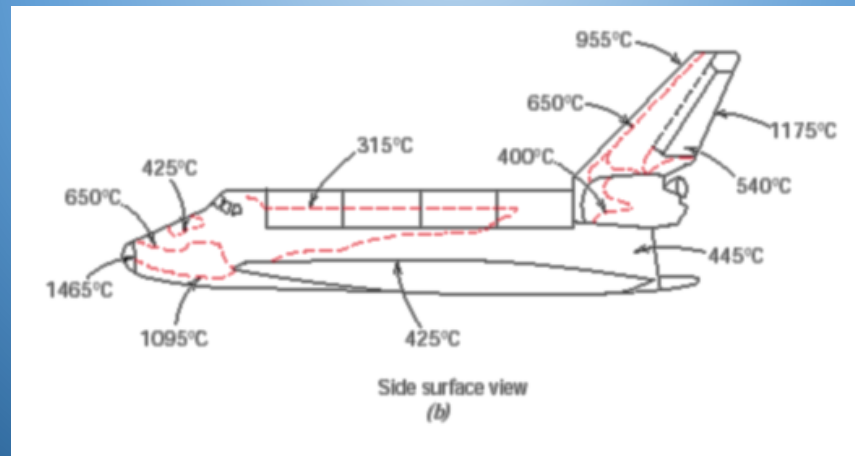


Basic Parameters for Zinc Blende crystal structure

		<i>Remarks</i>	<i>Referens</i>
Crystal structure	Zinc Blende		
Group of symmetry	$T_d^2 - F43m$		
Number of atoms in 1 cm ³			
Debye temperature	1700 K		
Density	3.4870 g cm ⁻³	X-ray	<i>Soma et al. (1974)</i>
	3.450 g cm ⁻³		<i>Rumyantsev et al. (2001)</i>
Lattice constant, a	3.6157(10) Å	X-ray	<i>Sohno et al. (1974)</i>
Melting point, T _m	2973° C		<i>Wentorf (1957)</i>
Bulk modulus	400 GPa	300 K	
Hardness	9.5	on the Mohs scale	
Surface hardness	4500 kg mm ⁻²	300 K	
Second order elastic moduli, c ₁₁	7.120 · 10 ¹² dyn cm ⁻²	300 K, interpolated from measured values of other III-IV compound	<i>Steigmeier (1963)</i>
Phonon wevenumber ν_{LO}	1305(1) cm ⁻¹	300 K, Raman	<i>Sanjurjo et al. (1983)</i>
Phonon wevenumber ν_{TO}	1054.7(6) cm ⁻¹	300 K, Raman	<i>Sanjurjo et al. (1983)</i>

Basic Parameters for Hexagonal crystal structure

		Remarks	Referens
Crystal structure	Hexagonal		
Group of symmetry	$D_{6c}-P6_3mmc$		
Number of atoms in 1 cm^3			
Debye temperature	400 K		
Density	2.18 g cm^{-3} 2.0-2.28 g cm^{-3}		Madelung (1991) Rumyantsev et al. (2001)
Lattice constant, a	2.5040 Å 2.5-2.9 Å	297 K 300 K	Lynch et al. (1966) Rumyantsev et al. (2001)
Lattice constant, c	6.6612 Å 6.66 Å	297 K 300 K	Lynch et al. (1966) Rumyantsev et al. (2001)
Decomposition temperature, T_{dec}	2600(100) K		Janaf Thermochemical Tables (1965)
Bulk modulus	36.5 GPa	300 K	
Hardness	1.5	on the Mohs scale	
Phonon wevenumber, ν	49 cm^{-1} 770 cm^{-1} 1367 cm^{-1} 1383 cm^{-1}	E_{2g} , zone center Raman mode A_{2u} , infrared active mode E_{2g} , zone center Raman mode E_{1u} , infrared active mode	Hoffman et al. (1966)



Temperaturas de algunas partes del transbordador espacial al momento de su reingreso a la Tierra

Table 20.5 Thermal Protection Systems Employed on the Space Shuttle Orbiter

<i>Material Generic Name</i>	<i>Minimum Operating Temperature, °C (°F)</i>	<i>Maximum Operating Temperature, °C (°F)</i>	<i>Material Composition</i>	<i>Orbiter Locations</i>
Felt reusable surface insulation (FRSI)	-130 (-200)	400 (750)	Nylon felt, silicone rubber coating	Wing upper surface, upper sides, cargo bay doors
Advanced flexible reusable surface insulation (AFRSI)	-130 (-200)	815 (1500)	Quartz batting sandwiched between quartz and glass fabrics	Upper surface regions
Low-temperature reusable surface insulation (LRSI)	-130 (-200)	650 (1200)	Silica tiles, borosilicate glass coating	Upper wing surfaces, tail surfaces, upper vehicle sides
High-temperature reusable insulation (HRSI)	-130 (-200)	1260 (2300)	Silica tiles, borosilicate glass coating with SiB ₄ added	Lower surfaces and sides, tail leading and trailing edges
Reinforced carbon-carbon (RCC)	No lower limit identified	1650 (3000)	Pyrolyzed carbon-carbon, coated with SiC	Nose cap and wing leading edges

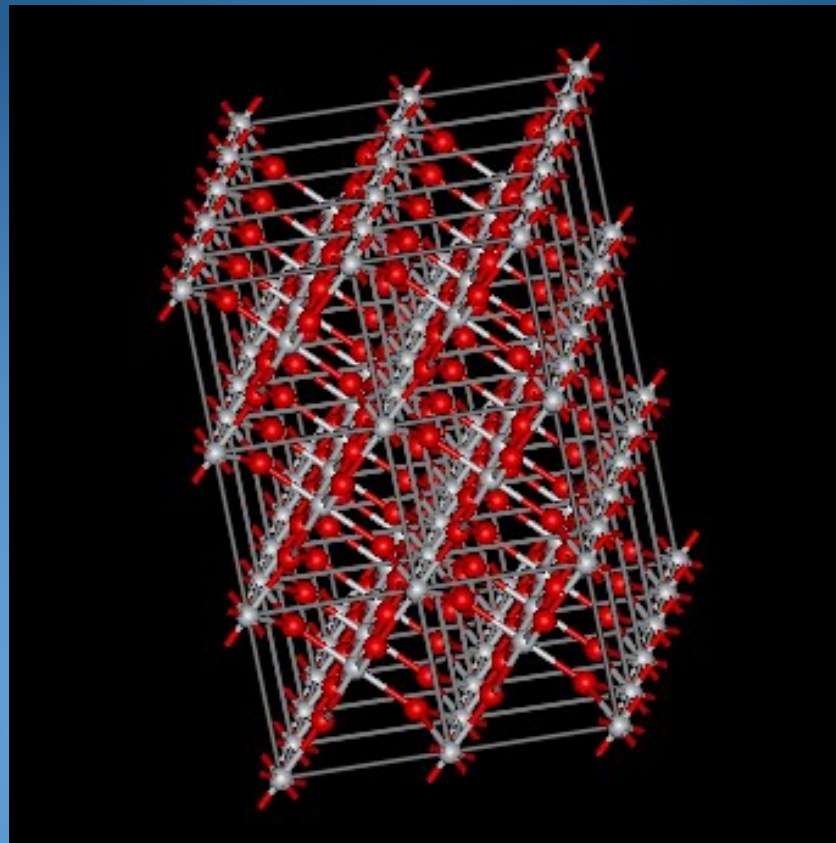
Source: Adapted from L. J. Korb, C. A. Morant, R. M. Calland and C. S. Thatcher, "The Shuttle Orbiter Thermal Protection System," *Ceramic Bulletin*, No. 11, Nov. 1981, p. 1188. Copyright 1981. Reprinted by permission of the American Ceramic Society.

Materiales de aislamiento térmico (sólo los cerámicos) que se emplean en el transbordador espacial

Table 2.5. Hardness Scales

Solid	Mohs	Vickers	Knoop
Talc	1	27	N/A
Graphite	1.5	37	N/A
Gypsum	2	61	N/A
Fingernail	2.5	102	117
Calcite	3	157	169
Fluorite	4	315	327
Apatite	5	535	564
Knife blade	5.5	669	705
Feldspar	6	817	839
Pyrex glass	6.5	982	929
Quartz	7	1,161	N/A
Topaz/Porcelain	8	1,567	N/A
Sapphire/Corundum	9	2,035	N/A
Diamond	10	N/A	N/A

N/A indicates the hardness value is above/below the acceptable range of the particular hardness scale. Values were obtained from the conversion site: http://www.efunda.com/units/hardness/convert_hardness.cfm?HD=HM&Cat=Steel#ConvInto



Estructura cristalina de rutilo (TiO₂)

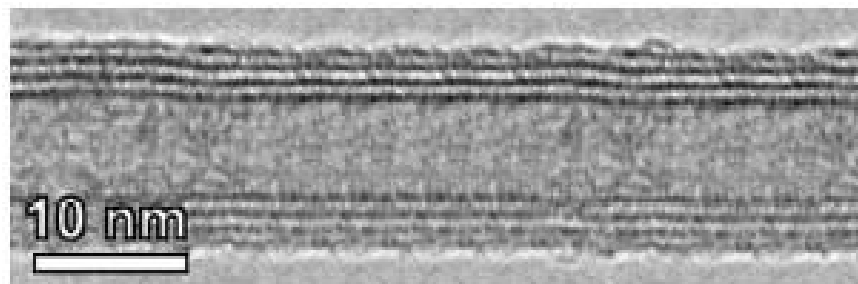


Fig. 1. High-resolution transmission electron microscopy image of a TiO₂ nanotube consisting of four layers.

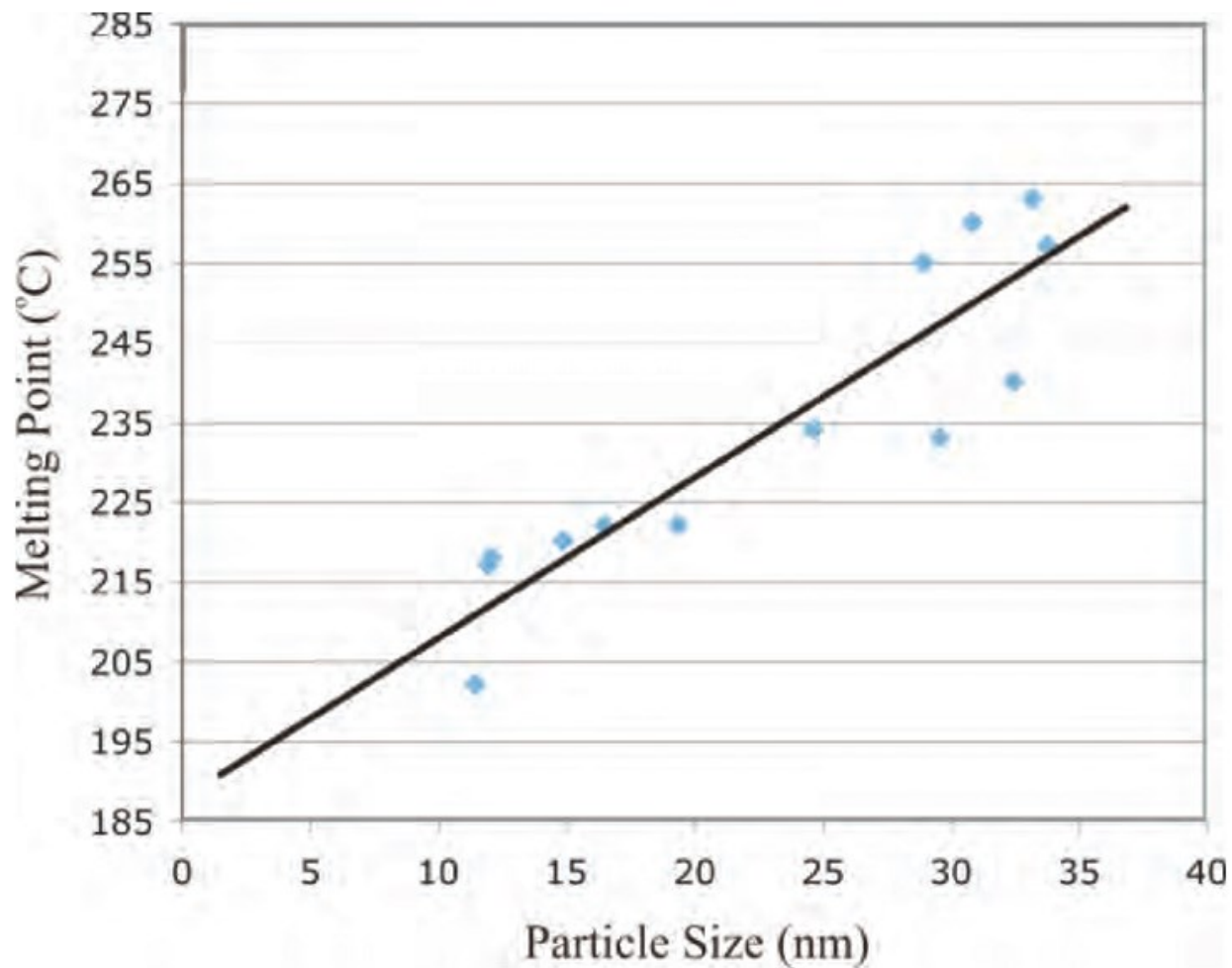


Figure 6.5. Decrease in the melting point of gold nanoparticles with decreasing diameter. It should be noted that the melting point of bulk gold is 1,064°C! Adapted with permission from Unruh, K. M. et al. "Melting Behavior in Granular Metal Thin Films," *Materials Research Society Symposium Proceedings*,



Figure 6.1. The 13 sites of the National Nanotechnology Infrastructure Network (FY2004-FY2009).
Reproduced from <http://www.nnin.org>.

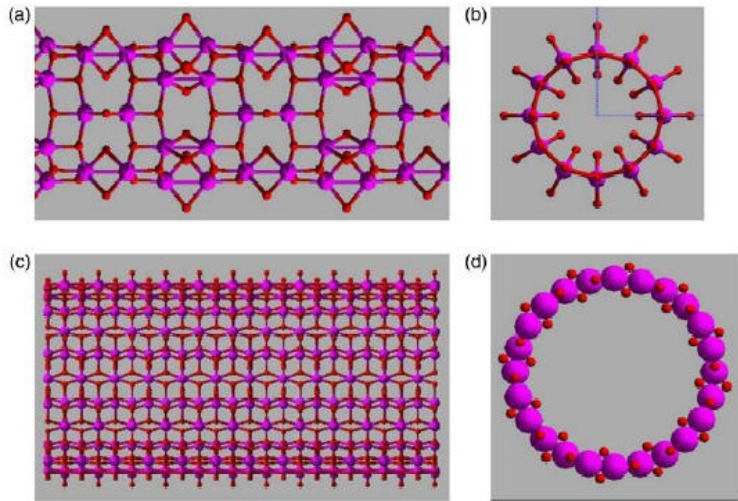


Fig. 2. (a) Side view of a TiO_2 A-nanotube formed by rolling up one (101) optimized layer along $[\bar{1}01]$ direction. The periodicity along tube axis $[\bar{1}01]$ is approximately 1.04 nm, which is slightly larger than that of the anatase structure ($c = 0.9486$ nm). (b) Cross-sectional view of the TiO_2 A-nanotube. (c) Side view of a TiO_2 B-nanotube formed by rolling up the geometry-optimized (101) layer along $[100]$ direction. The periodicity in the tubule axis direction $[100]$ is approximately 0.371 nm, which is smaller than that of the anatase structure ($a = 0.3776$ nm). (d) Cross-sectional view of the TiO_2 B-nanotube.

NanoAmor

Nanostructured & Amorphous Materials Inc.

Home Products About Us Our Technology Research Order Information Links Contact Us Search



Titanium Oxide (Rutile, 20 wt%, 15 nm) in 1, 2-Propanediol



\$1,205.10/kg

Stock #: 7011WJPR

Details:

Name: 20 wt% Titanium Oxide in 1, 2-Propanediol

APS: 15 nm

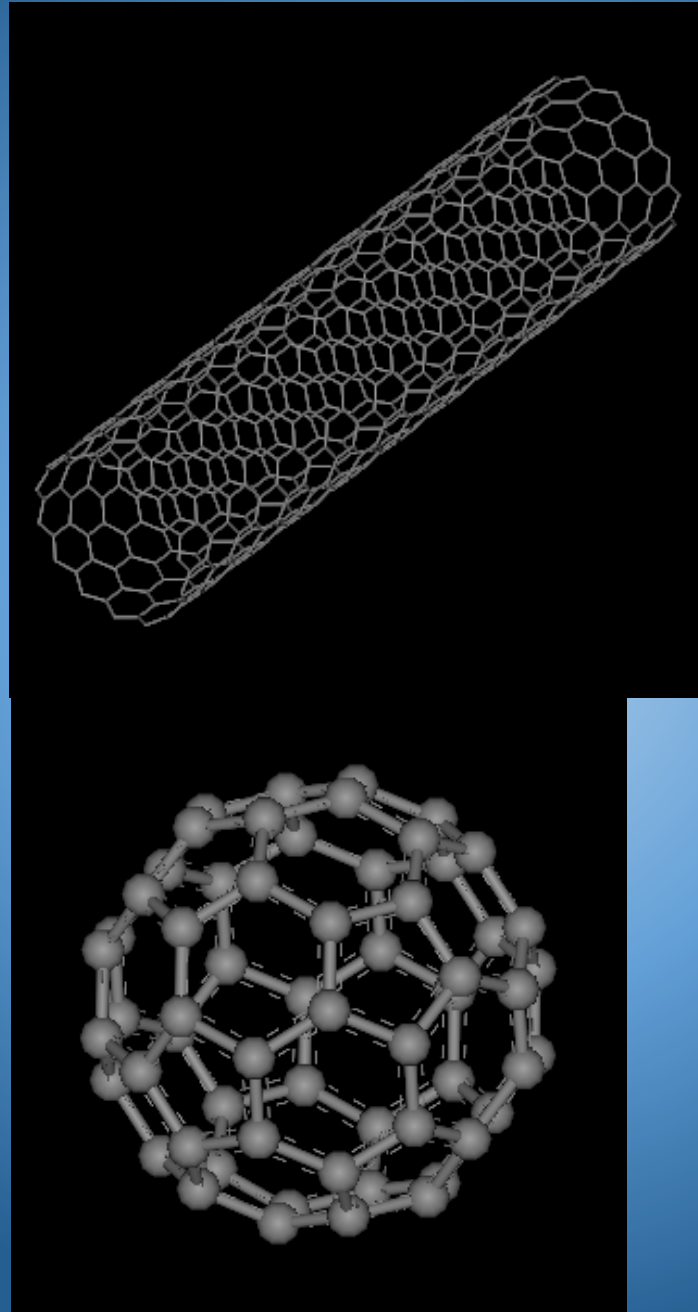
Appearance: light-blue transparent liquid

Titanium Oxide: TiO_2 , Rutile, CAS # 1317-80-2

1, 2-Propanediol: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$, CAS# 67-63-0

order (wt-price): 1 kg (add \$240)

Formas alotrópicas del Carbono



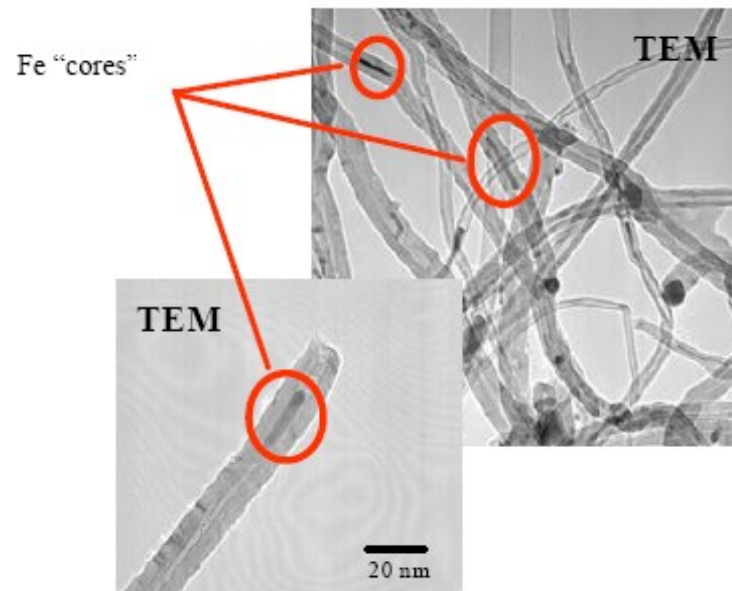
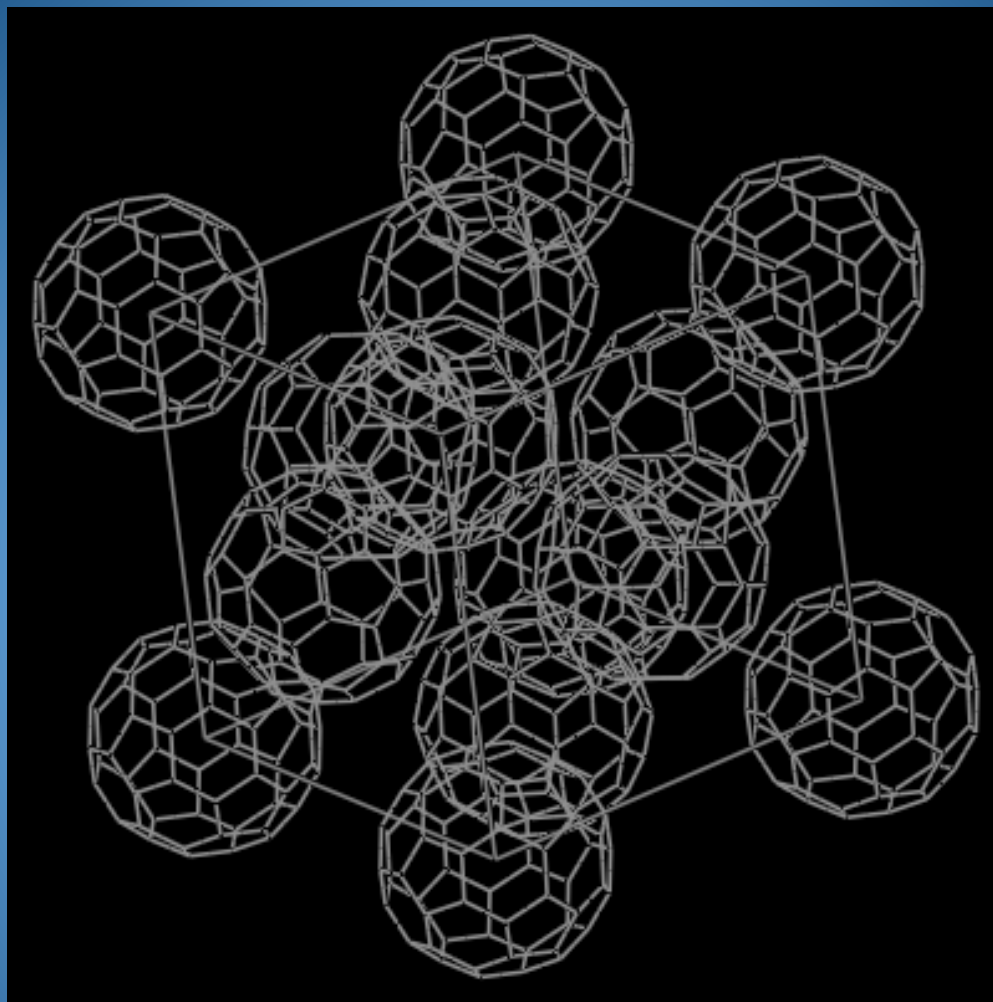
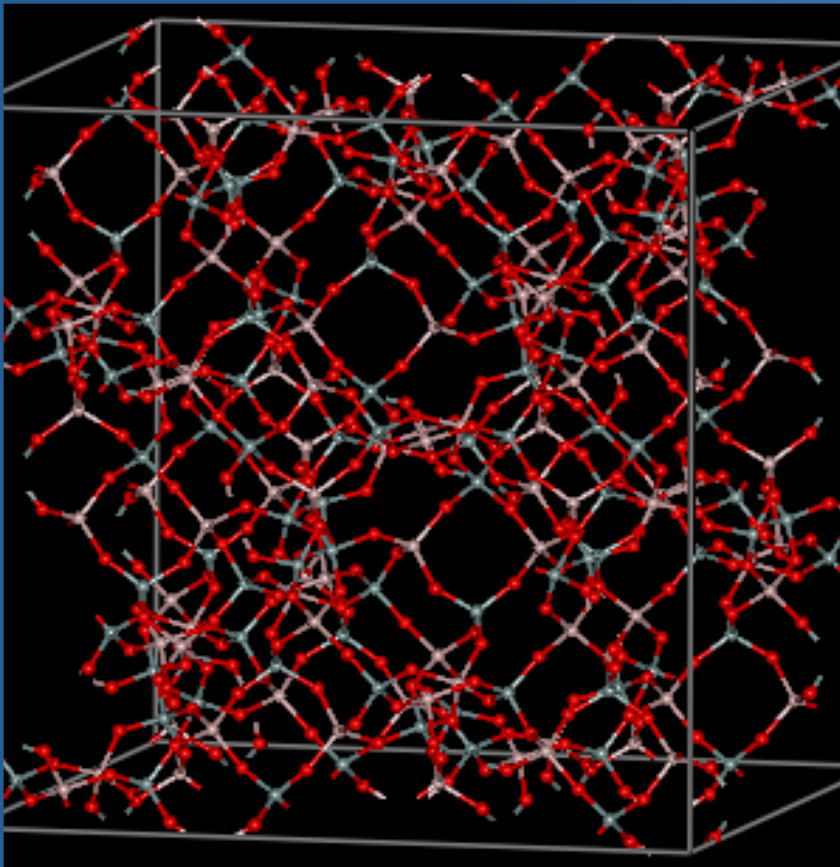


Fig. 3 TEM Images of Nanotubes grown from ferrocene saturated xylene-ferrocene mixtures [8]

Tubos para almacenamiento de Hidrógeno

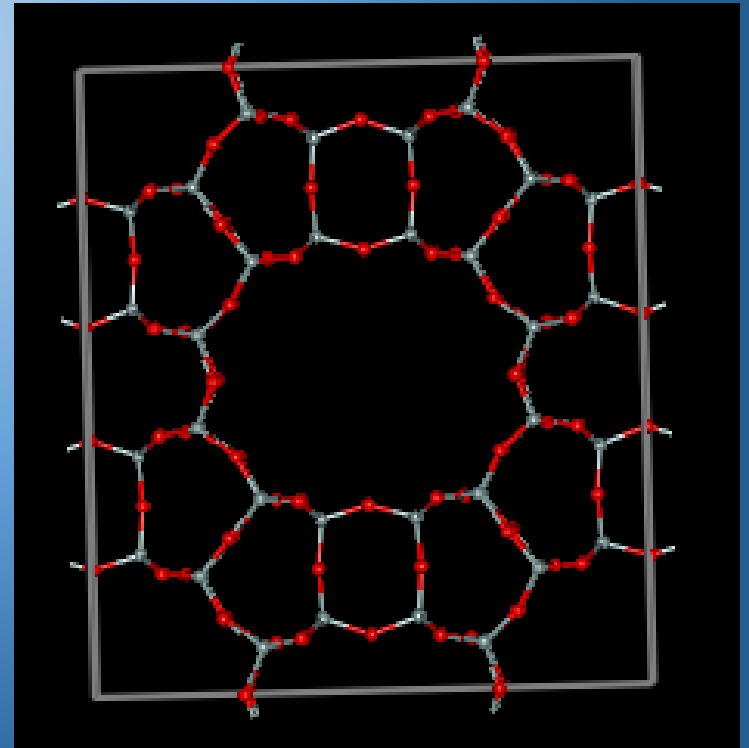


Estructura cristalina de C_{60} .

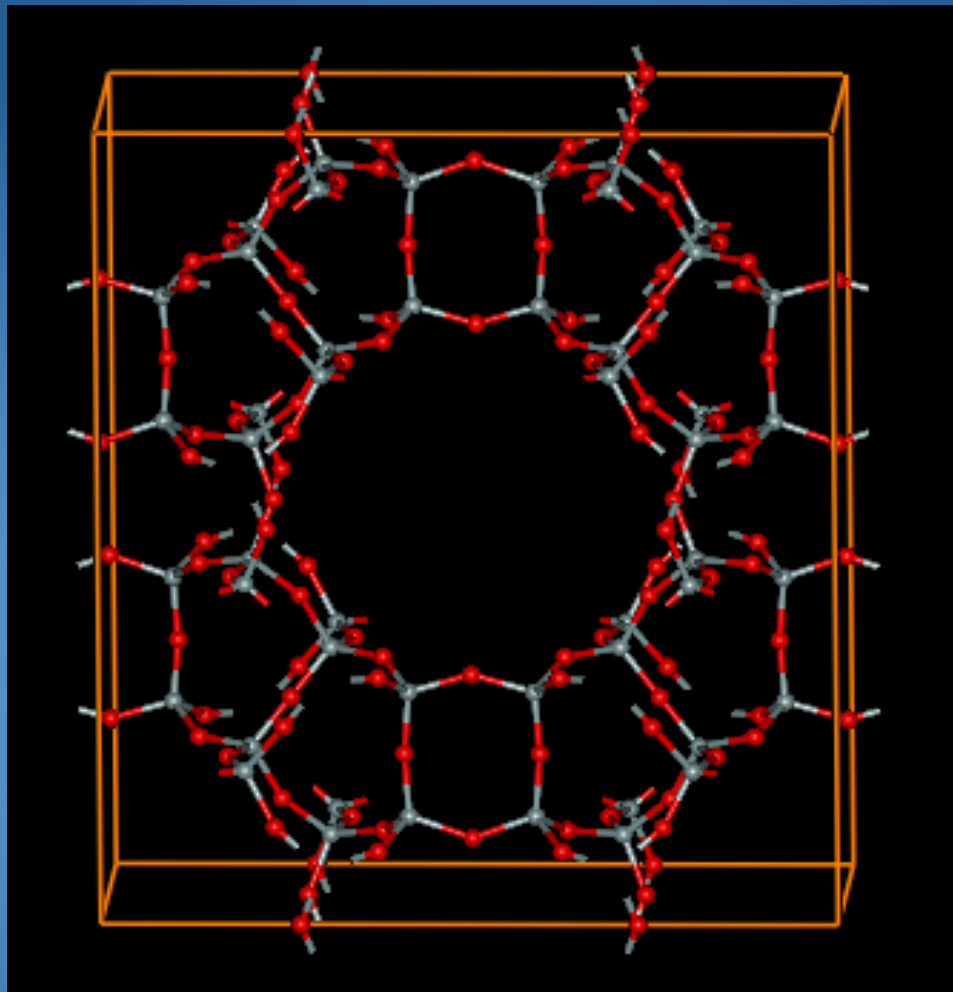


El 70 % de las reacciones de la industria petrolera
Básica son catalizadas por zeolitas

Zeolita Y (faujacita)



Mordenita



Mordenita

Respuesta:

...y por qué hasta “ahora”