

Información General sobre Materiales, Seguridad y Equipos para la Nanotecnología

ESC 211

Traducción: Prof. Esteban Rosim Fachini – Universidad de Puerto Rico – Recinto de Río Piedras

Unidad 3

Visión General de Materiales

Conferencia 9

Clasificando los Materiales según sus Propiedades Físicas: Propiedades Eléctricas, Parte III

Contenido

- Las Unidades Básicas para Hacer Materiales—Átomos
- Átomos, Moléculas y Materiales
- Modos de clasificar los Materiales
 - * Tipo de enlace químico
 - * Orgánico e Inorgánico
 - * Fase
 - * Estructura
 - * Propiedades químicas
 - * Propiedades físicas

Contenido

- **Modos de Clasificar los Materiales**
 - * ¿Qué significa “propiedades físicas”?
 - * Clasificando según las propiedades físicas: Propiedades eléctricas
- **Propiedades Eléctricas**
- **Polarización (Propiedades Dieléctricas)**
- **Dieléctricos especiales**

Propiedades Físicas

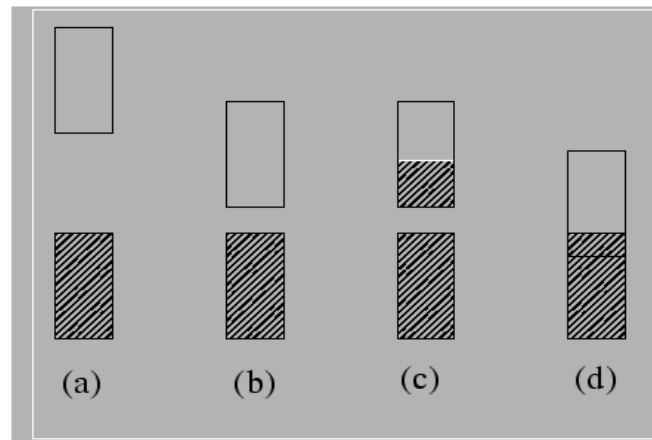
- Las propiedades físicas son las que se pueden observar sin que la sustancia cambie químicamente.
- Una propiedad física es cualquier propiedad del material que describa una interacción con otros materiales o el ambiente que no sea química.
- Una propiedad del material puede ser constante o una función de variables tales como temperatura, presión o frecuencia de excitación.

Posibles reacciones de un material al ser sometido a un campo eléctrico

- Cuando un campo eléctrico es aplicado a un material, él puede:
 1. **Conducir** (los electrones, huecos y/o iones se mueven a través de largas distancias debido al campo eléctrico).
 2. **Polarizarse** (los electrones, huecos, dipolos y/o iones se mueven a cortas distancias – fracciones de un nanómetro – debido al campo eléctrico).
 3. **Conducir y polarizarse al mismo tiempo.**
- Materiales que responden a un campo eléctrico solamente polarizándose se llaman dieléctricos. Son también llamados aislantes.

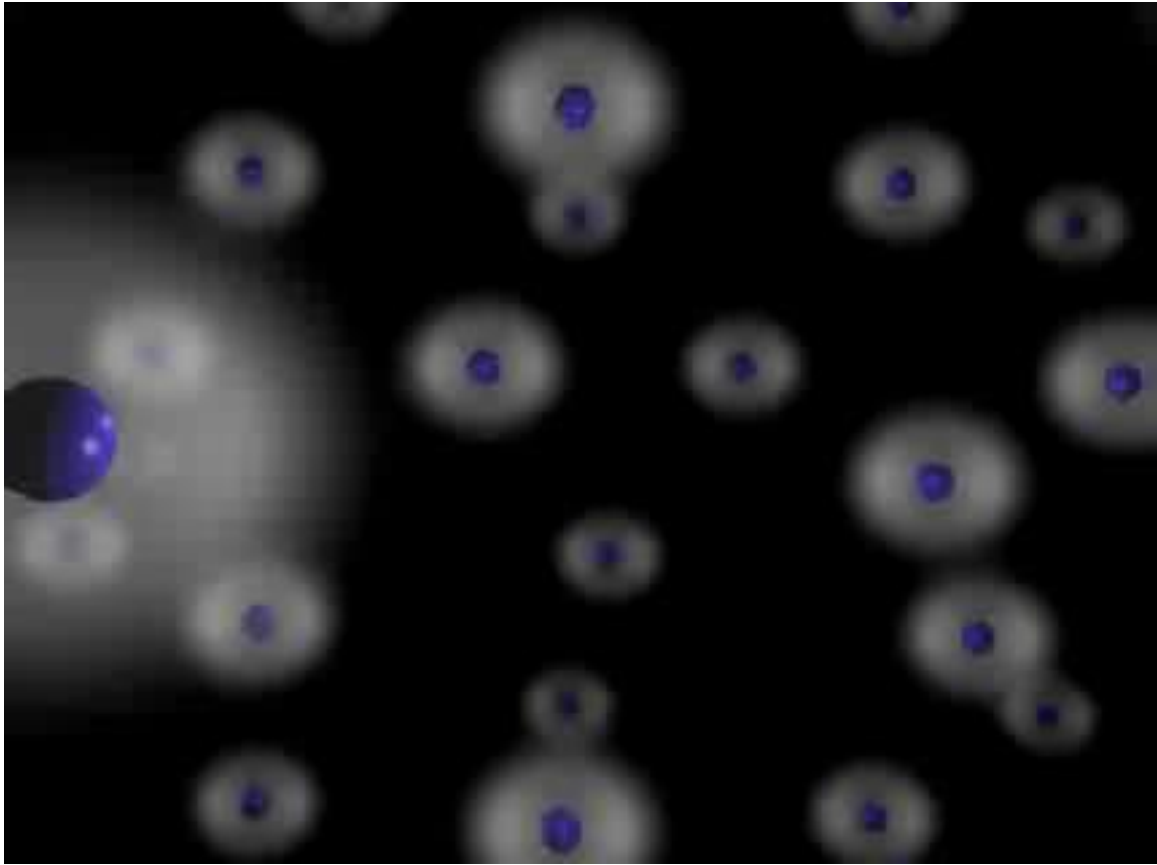
Propiedades dieléctricas (Polarización) y Materiales Dieléctricos

¿Cuál es la conexión entre **Electrones**, **Diagramas de Bandas** y las **Propiedades Dieléctricas**?



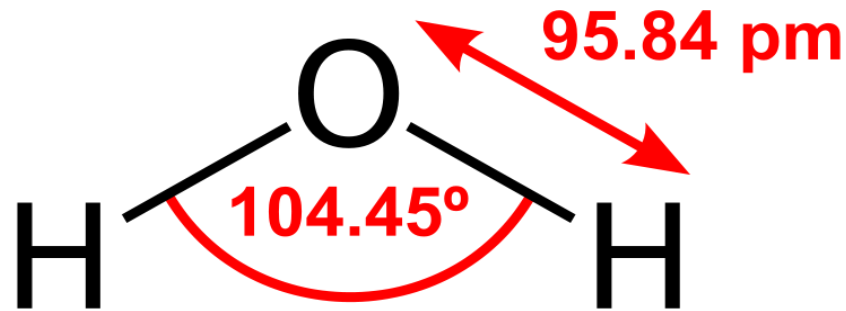
http://psi.phys.wits.ac.za/teaching/Connell/phys284/2005/lecture-07/lecture_07/node5.html

¿Cuál es la conexión entre **Electrones**, **Diagramas de Bandas** y las **Propiedades Dieléctricas**?

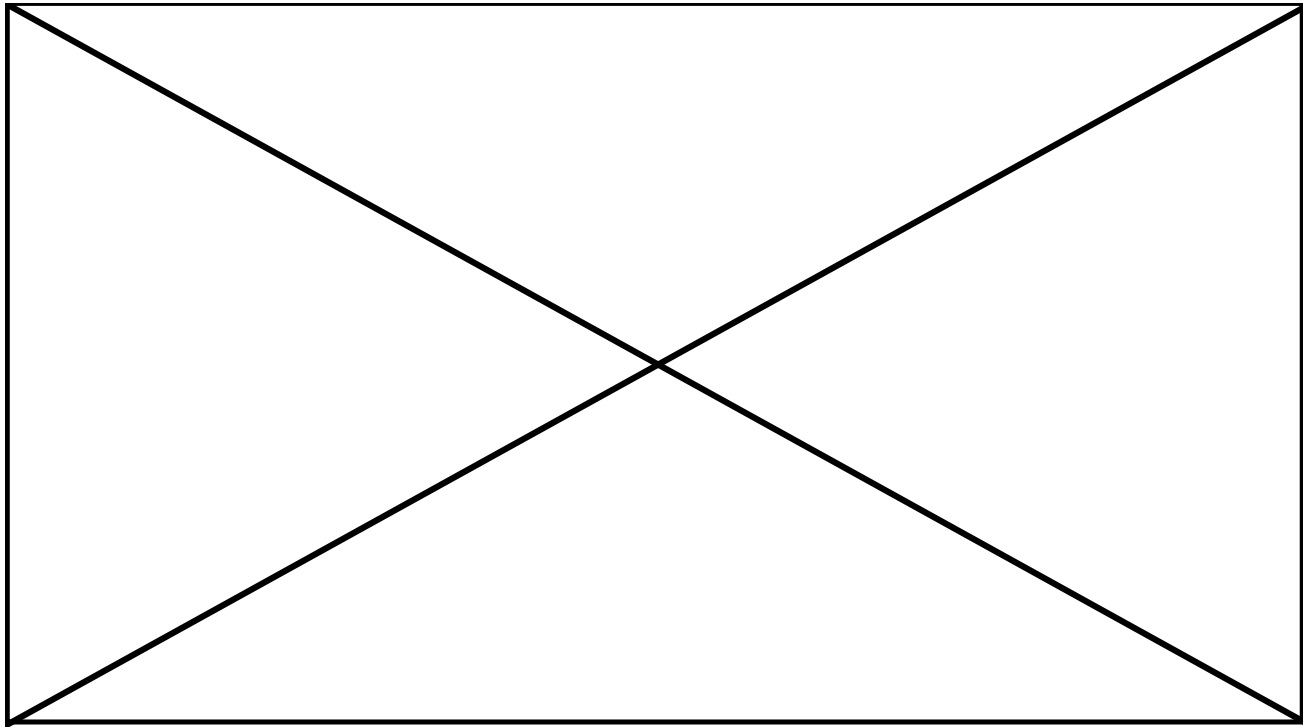


http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=p_ubxdTOV34

¿Cuál es la conexión entre **Moléculas Polares** y las Propiedades Dieléctricas?



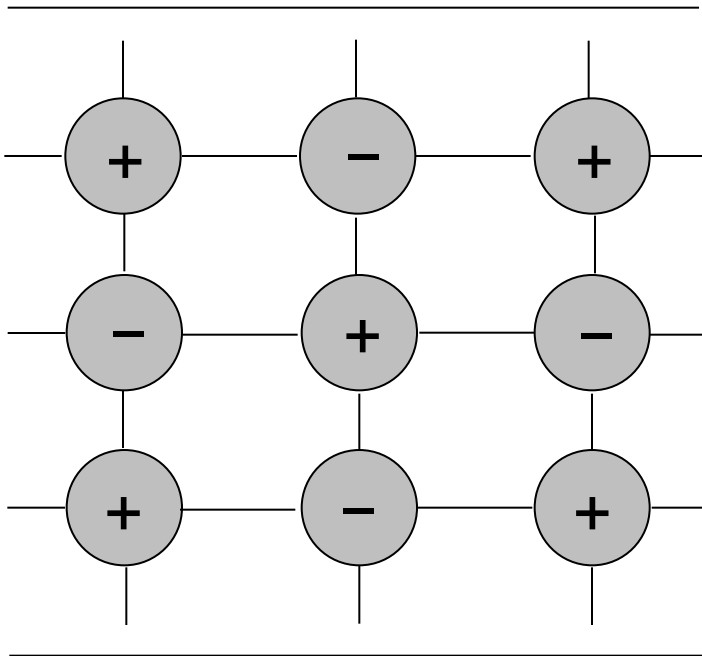
¿Cuál es la conexión entre Moléculas Polares y las Propiedades Dieléctricas?



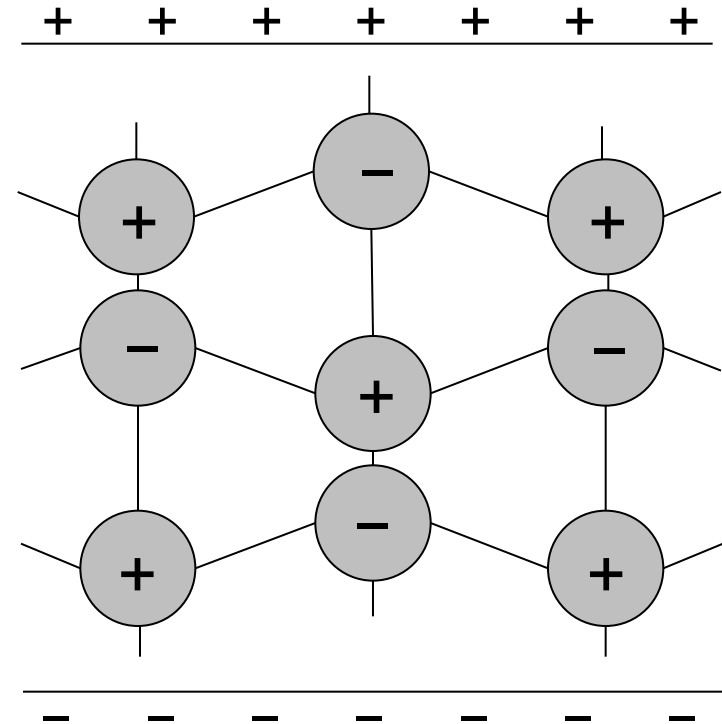
http://photonicswiki.org/index.php?title=Polarization_and_Polarizability

¿Cuál es la conexión entre los **iones** y las Propiedades Dieléctricas?

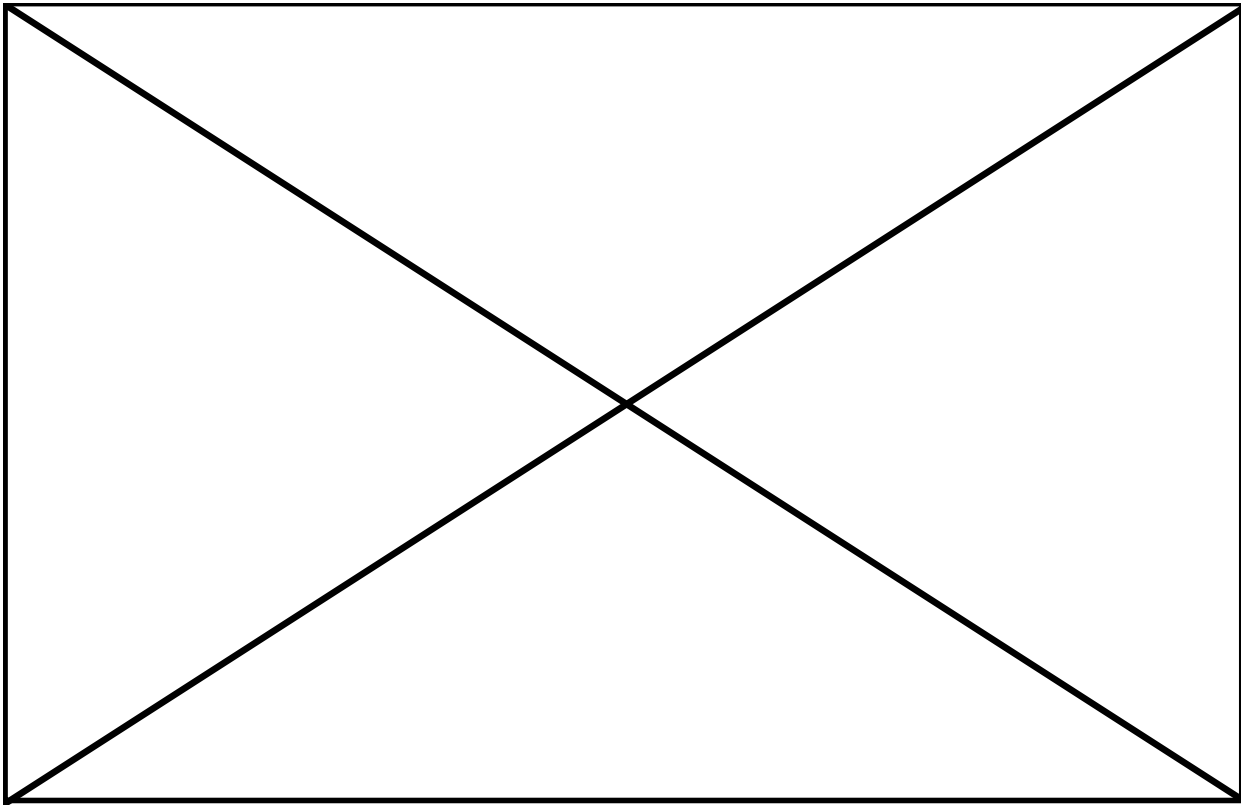
En ausencia de un campo externo



Campo externo presente



¿Cuál es la conexión entre los **iones** y las Propiedades Dieléctricas?



http://photonicswiki.org/index.php?title=Polarization_and_Polarizability

Resumiendo, hay 3 modos de un material polarizar en presencia de un campo eléctrico:

- **Polarización Electrónica:** los electrones en los átomos quedan desplazados en relación al núcleo.
- **Polarización Iónica:** los cationes y aniones en un cristal iónico quedan desplazados unos en relación a otros.
- **Polarización Orientada (Dipole):** dipolos permanentes (como el H_2O) se alinean.

Dieléctricos

- Materiales altamente aislantes con electrones de valencia fuertemente enlazados y sin iones móviles.
 - Son muy poco conductores de electricidad, pero polarizan bajo un campo eléctrico.
- Polarización—y no conducción— es la respuesta de un material dieléctrico (aislante) a campos eléctricos.
- Son materiales que distorcionan su distribución de carga (de electrones, dipolos, y iones) **intentando reducir un campo eléctrico aplicado---por lo tanto son nombrados dieléctricos.**
- Materiales dieléctricos son usados como aislantes eléctricos. También son usados mecánica y químicamente (en micro -y nano- procedimientos) como capas protectoras.

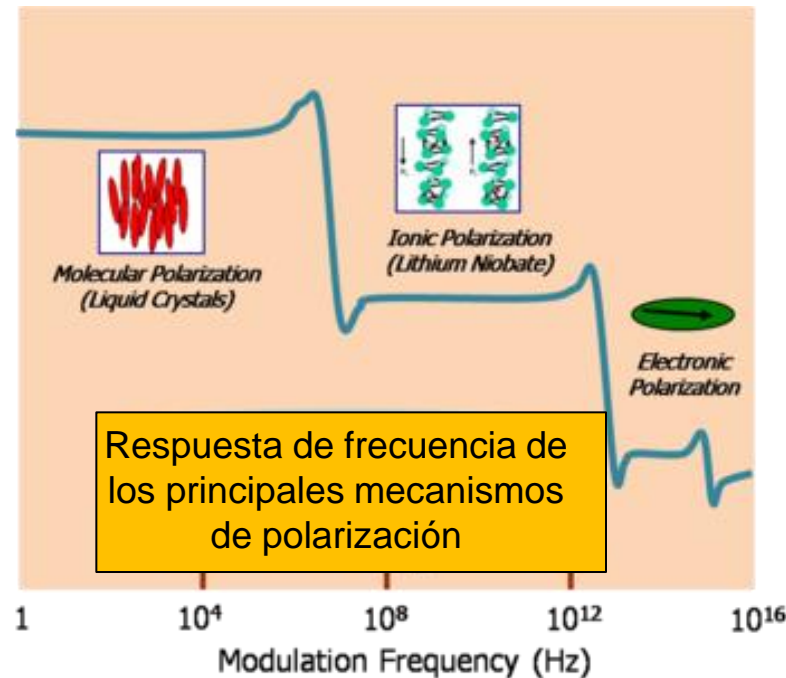
Caracterización de las Propiedades Dieléctricas

- Los materiales dieléctricos son caracterizados mediante los parámetros:
 1. Permitividad ϵ
 2. Constante dieléctrica k
- La constante dieléctrica k es simplemente la relación

$$k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Donde ϵ_0 es la permitividad del vacío, o sea, la permitividad de una región sin ningún tipo de material.

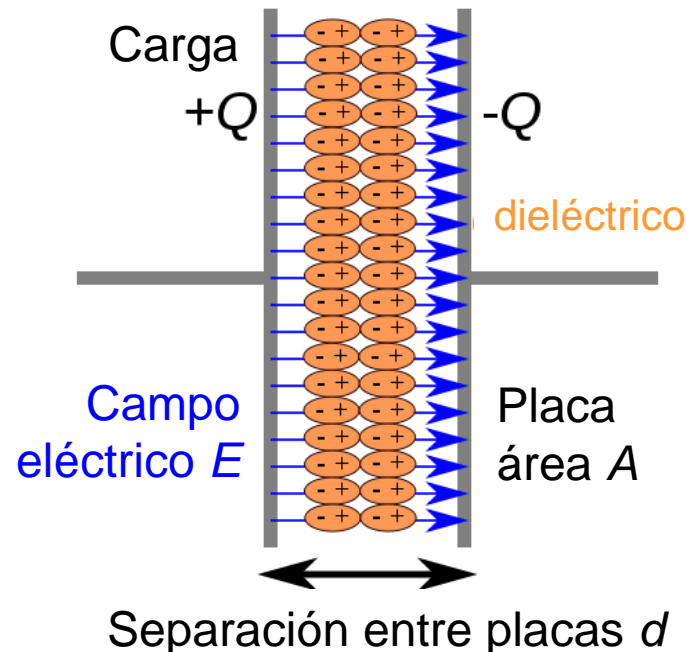
Respuesta de Frecuencia en la Polarización



From: http://photonicswiki.org/index.php?title=Polarization_and_Polarizability

Propiedades Dieléctricas (Cont.)

Los valores de la constante dieléctrica k o de la permitividad ϵ representan la capacidad de un aislante en oponerse al campo eléctrico impuesto. Debido a esta propiedad polarizante, cuando se aplica una diferencia de voltaje a través de un capacitor, este acumulará más carga cuanto mayor sea su k (o su equivalente permitividad ϵ).



Propiedades Dieléctricas (Cont.)

- Ruptura
 - Si el campo aplicado es suficientemente grande, las especies con cargas eléctricas (electrones, huecos, iones) podrán recombinarse y empezar a conducir corriente. Este fenómeno se conoce como ruptura dieléctrica. En otras palabras, cuando la ruptura dieléctrica ocurre, empieza el movimiento de electrones, huecos e iones a causa del campo eléctrico impuesto y no solamente la polarización.

Propiedades Dieléctricas (Cont.)

- Entre las sustancias con constante dieléctrica pequeña está el alto vacío, el aire seco, y la mayoría de los gases puros y secos como el argón y el nitrógeno.
- Tales sustancias no polarizan mucho y no alcanzan el punto de ruptura fácilmente
- La constante dieléctrica del aire es: $k_{\text{air}} \approx 1$
- Entre los materiales con constante dieléctrica moderada está el agua destilada, papel, mica, polietileno y vidrio. Los óxidos metálicos, en general, tienen constantes dieléctricas grandes.

Propiedades Dieléctricas (Cont.)

- Sustancias con k grandes, como es el caso del óxido de hafnio, permiten la manufactura de capacitores muy dieléctricos y de pequeño volumen, haciendo posible puertas (“gates”) muy finas en los MOSFETs.
- Sustancias con k pequeñas, como la sílica nanoporosa, permiten hacer interconexiones complicadas en un micro-chip.

Materiales Diéctricos con k grandes

- Ta_2O_5 $k = 22\text{-}30$
- TiO_2 $k = 20\text{-}85$
- Nb_2O_5 $k = 11$
- HfO_2 $k = 17$
- Y_2O_3 $k = 15$

Materiales Diéctricos con k pequeña

- FSG, (vidrio de silicato fluorado) $k = 3.4-4.1$
- HSQ, (Silsesquioxano de Hidrógeno) $k = 2.9$
- Sílica nanoporosa $k = 2.6-2.9$
- Poliimida fluorinada $k = 2.6-2.9$
- PTFE, Teflon[®] (politetrafluoroetileno) $k = 1.9$
- DVS-BCB, (Benzociclobuteno) $k = 2.65$
- Hidrocarburo aromático $k = 2.65$

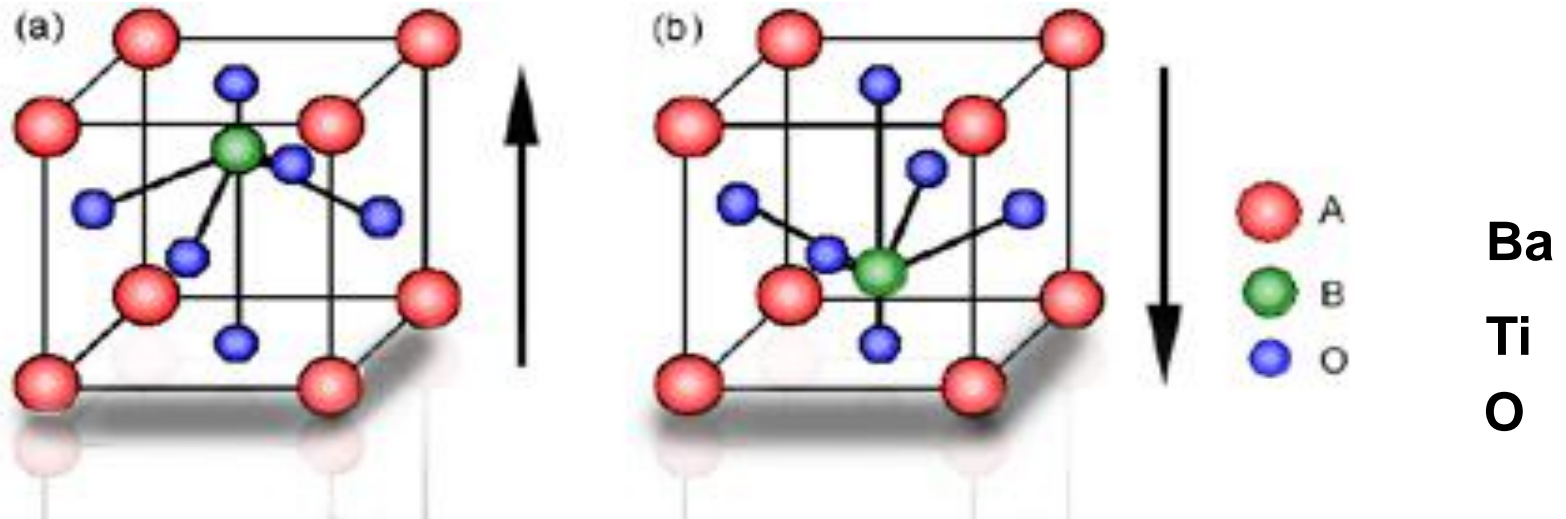
Dieléctricos Especiales:

Materiales Ferroeléctricos

Materiales Piezoeléctricos

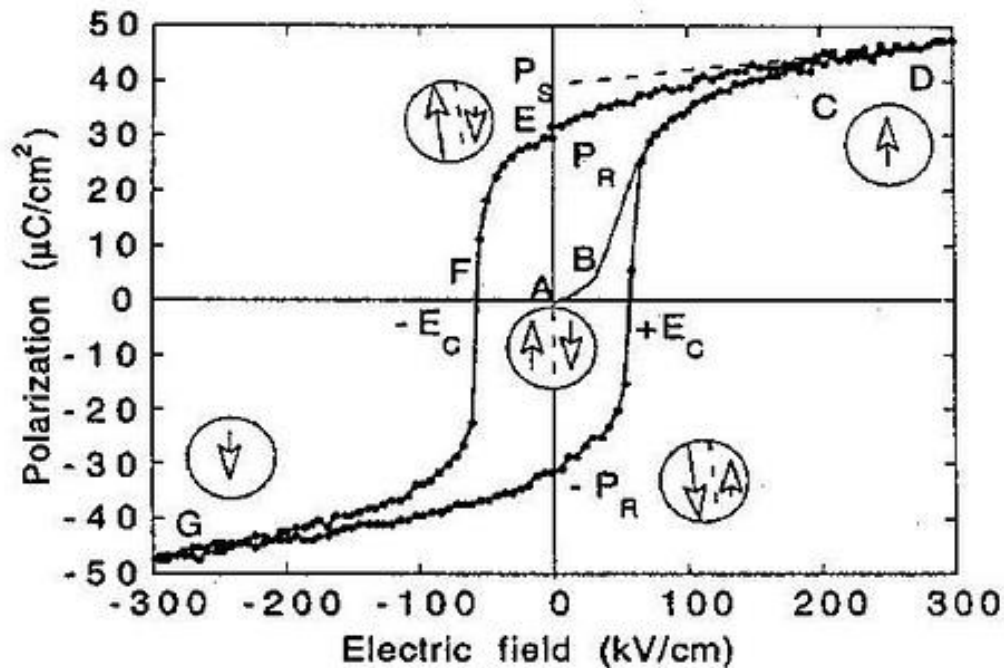
El término
Ferroeléctrico no tiene nada que
ver con el hierro (Fe) pero fue
acuñado por analogía a
Ferromagnéticos, que veremos en
la clase 11.

Propiedades Ferroeléctricas



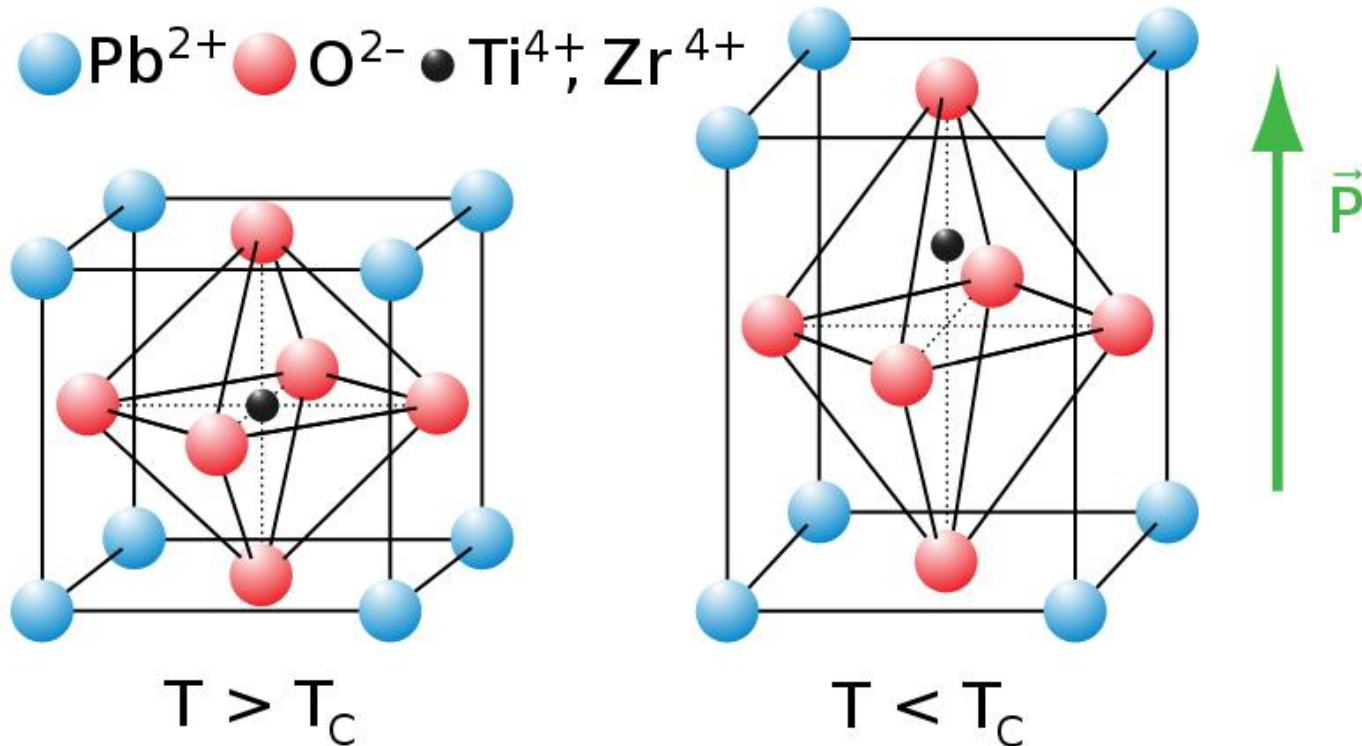
- Materiales Ferroeléctricos son los que se pueden **polarizar espontáneamente**. Tal polarización puede ser revertida aplicando un campo eléctrico externo. En el ejemplo arriba, la polarización proviene de los desplazamientos relativos de los iones O^{2-} y Ti^{4+} de sus respectivas posiciones iniciales.

Curva de Histéresis de un Ferroeléctrico



- Cuando un campo externo es aplicado a un ferroeléctrico, este se polariza.
- La polarización se satura (D) cuando los **dominios** en el material están alineados.
- La polarización es reversible si se aplica un campo externo opuesto.

Propiedades Piezoeléctricas

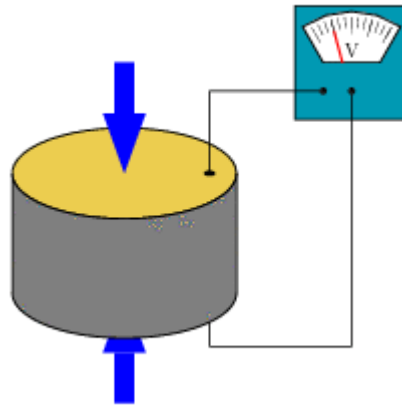


Celda unitaria tetragonal del titanato de plomo

<http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity>

Cuando una fuerza externa (p.ej., compresión, tensión) es aplicada a un material piezoeléctrico, se genera un campo eléctrico debido a la polarización del material.

Efecto Piezoeléctrico---¡es reversible!



Un disco piezoeléctrico engendra un voltage cuando deforma (el cambio en la forma está muy exagerado en la figura...)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity>

Una fuente de alimentación basada en el efecto piezoeléctrico hecha de nanoalambres de ZnO

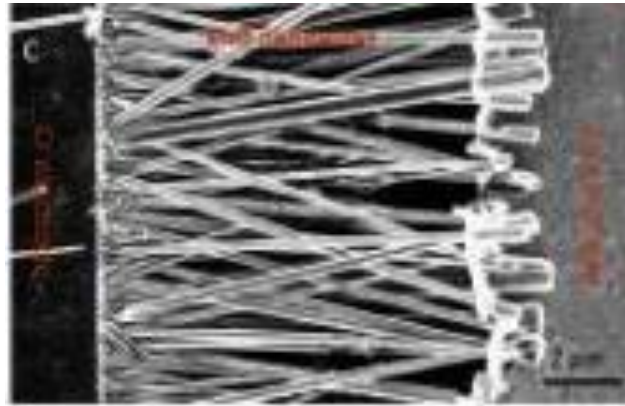


Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) de una hilera de nanoalambres de óxido de cinc crecidos lateralmente. Dispositivos que generan hasta 1.2 V pueden ser fabricados usando cerca de 20.000 nanoalambres de óxido de cinc en cada generador.

From:<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100328170247.htm>