

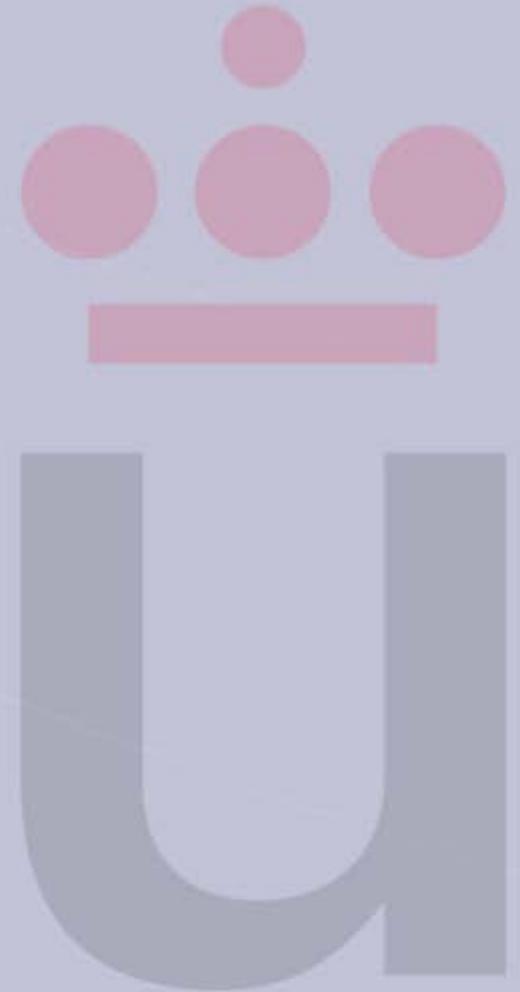
Repaso de Electromagnetismo (Campos I)

RADIOCOMUNICACIÓN-Onda radioeléctrica

- **RADIOCOMUNICACIÓN:** Comunicación a distancia por medio de las ondas radioeléctricas
 - Onda radioeléctrica: Ondas electromagnéticas de frecuencias inferiores a 3000GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial (Def. Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT)
 - Información a transmitir utilizando una onda soporte “PORTADORA”
 - La información a transmitir se “trata”: MODULACIÓN
 - La onda se envía al medio de propagación utilizando una ANTENA

ELECTROMAGNETISMO

- ELECTROSTÁTICA
- MAGNETOSTÁTICA
- CAMPOS EM VARIABLES EN EL TIEMPO
 - Ecuaciones de Maxwell
 - Unión Electromagnetismo-Ondas
- ONDAS ELECTROMAGNETICAS
 - Espectro electromagnético
 - Incidencia en medios materiales
 - conductores (con pérdidas)
 - No conductores (sin pérdidas)
 - Polarización
- TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS
 - Líneas de transmisión. Guías de onda
 - Antenas



Nociones previas calculo vectorial

Campo Escalar: Cada punto del espacio tiene asignado un valor escalar. Ej. Campo de temperaturas.

Campo Vectorial: Cada punto del espacio tiene asignado un vector. Ej. Campo de velocidades

Operadores: Actúan sobre cada uno de los campos

- Gradiente
- Rotacional
- Divergencia

Suponiendo que trabajamos en coordenadas cartesianas



$$\begin{aligned}\nabla \cdot T &= \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z} \right) && \text{Gradiente} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} && \text{Divergencia} \\ \nabla \times \vec{B} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} && \text{Rotacional} \end{aligned}$$

Nociones previas calculo vectorial

Gradiente: Sirve para expresar las variaciones de un campo según la dirección espacial de estudio (Dirección de máximo cambio)

Rotacional: Circulación de un vector a lo largo de una trayectoria cerrada

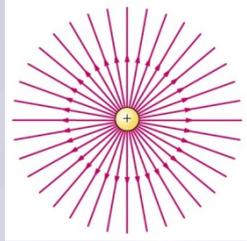
Divergencia: Diferencia entre el flujo de entrada y el de salida de un campo a través de superficies en un volumen cerrado

Teoremas de la Divergencia y de Stokes

$$\int_v \nabla \cdot \vec{B} \, dv = \oint_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad \text{Teorema de la divergencia}$$

$$\int_s (\nabla \times \vec{B}) \cdot d\vec{s} = \oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} \quad \text{Teorema de Stokes}$$

CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO



Carga eléctrica

Carga Libre



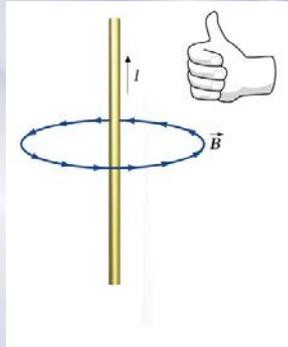
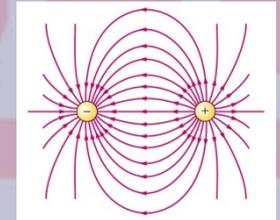
Carga polarizada



Campo eléctrico

\vec{E}

\vec{D}



Corriente eléctrica

“libres”



Dens corriente polariz.



Campo magnético

\vec{B}

\vec{H}



ELECTROSTÁTICA

Postulados de la Electroestática

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_v}{\epsilon_0}$$

(Gauss)

$$\nabla \wedge \vec{E} = 0$$

(Kirchhoff)

($E = -\text{grad } V$)

Campo Eléctrico (estático)

- Campo Eléctrico \vec{E}

- Potencial eléctrico $\vec{E} = -\nabla V$

- Dipolo eléctrico

- Momento dipolar eléctrico $\vec{p} = q \cdot \vec{d}$

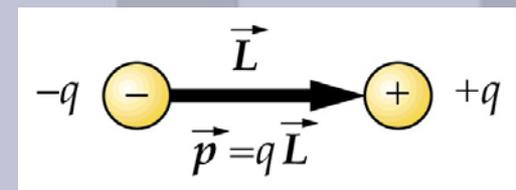
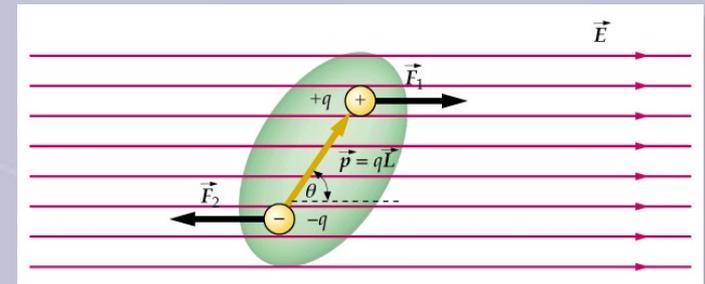
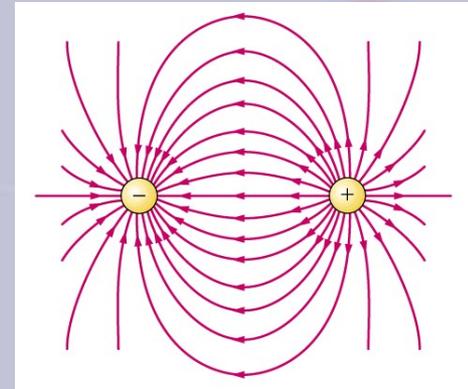
- Polarización eléctrica

- Condiciones de contorno

- Energía eléctrica

- Densidad de energía electrostática

$$w_e = \frac{1}{2} \epsilon \cdot E^2$$



CAMPO ELÉCTRICO (E)

- CAMPO ELECTRICO (V/m)

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\int_{v'} \frac{\rho(r')(r-r')}{|r-r'|^3} dv' + \int_{s'} \frac{\sigma(r')(r-r')}{|r-r'|^3} ds' \right]$$

Caso de contribuciones de densidades volumétricas y superficiales de carga

r: lugar donde se evalúa el campo

r': lugar donde se encuentra la fuente de carga

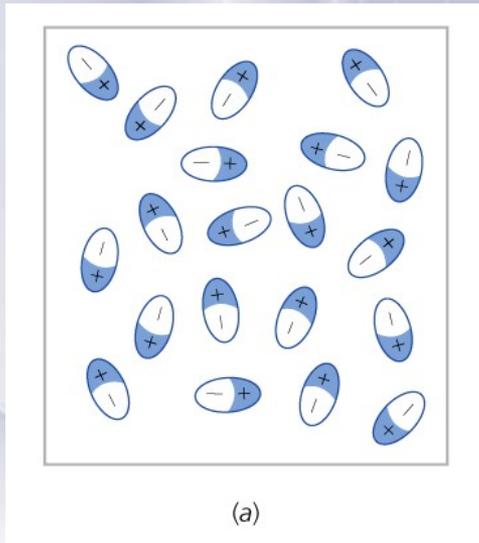
POTENCIAL ELÉCTRICO

- El potencial eléctrico es la medida del trabajo que realiza el campo eléctrico por unidad de carga cuando “arrastra” las cargas a lo largo de una trayectoria.
- Depende exclusivamente de las posiciones inicial y final de las cargas, y no de la trayectoria elegida. (carácter conservativo del campo eléctrico)
- Un campo vectorial que puede obtenerse como gradiente de una función escalar se denomina irrotacional o conservativo.
- El potencial creado por una distribución de carga en un punto del espacio, equivale al trabajo que realiza el campo para llevar la unidad de carga positiva desde dicho punto hasta el infinito

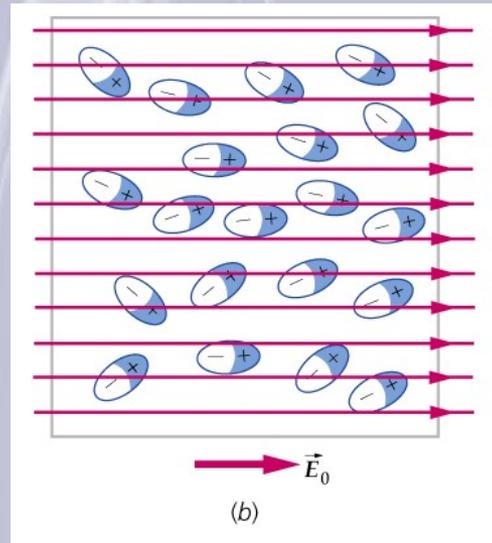
$$\phi(\vec{r}) = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_r^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\Delta\phi_{BA} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

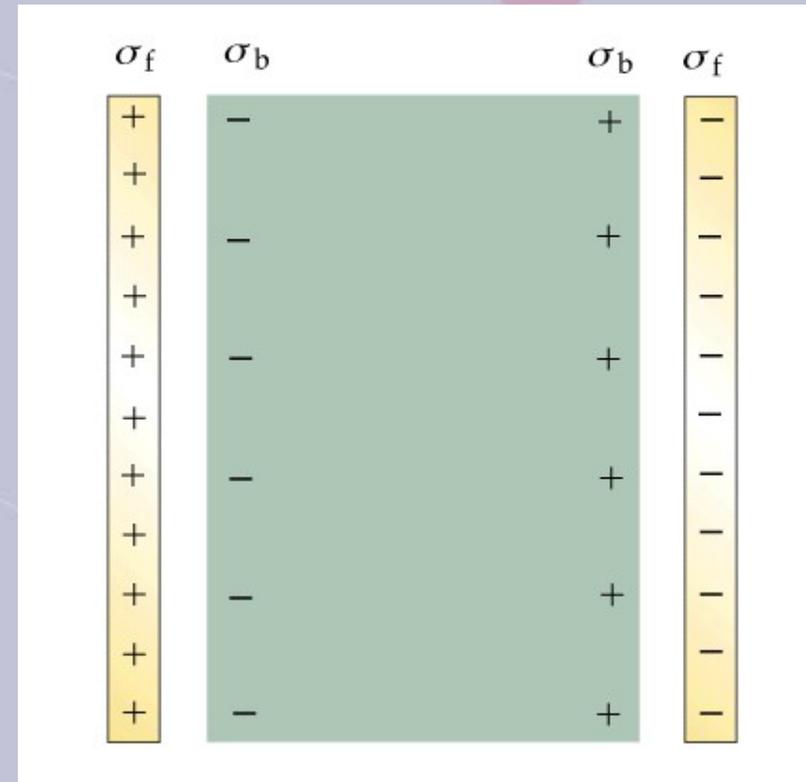
Campo E en dieléctricos. Polarización



Dieléctrico



Dieléctrico
entre placas
cargadas



Aparición de cargas polarizadas

Campo E en dieléctricos. Polarización

Vector desplazamiento

$$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \vec{E} + \vec{P}$$

Vector polarización

$$\vec{P} = \chi \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$$

Suceptibilidad eléctrica

$$\vec{D} = \epsilon_0 (1 + \chi) \cdot \vec{E}$$

Permitividad relativa o cte. dieléctrica

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \vec{E}$$

$$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$$

Material	Rigidez dieléctrica (V/m)	Cte. dielectrica
aire	3×10^6	1
vidrio	30×10^6	5-10
polietileno	20×10^6	2.3
agua		80.1

Campo E en dieléctricos. Polarización

- Densidades de carga de polarización

Superficial

$$\sigma = \vec{P} \cdot \vec{n}$$

La existencia de dipolos, garantiza la aparición de una densidad de carga superficial de polarización, que será máxima en las superficies perpendiculares a \mathbf{P} . La manera de expresar estas variaciones es a través del producto escalar

Volumétrica

$$\rho = -\nabla \cdot \vec{P}$$

La densidad de carga volumétrica, está asociada a la no uniformidad o no homogeneidad de la polarización debida a variaciones estructurales de la materia o a la presencia de densidades de carga libre.

Esta carga es así la fuente del aumento de la polarización (divergencia)

Campo E en dieléctricos. Polarización

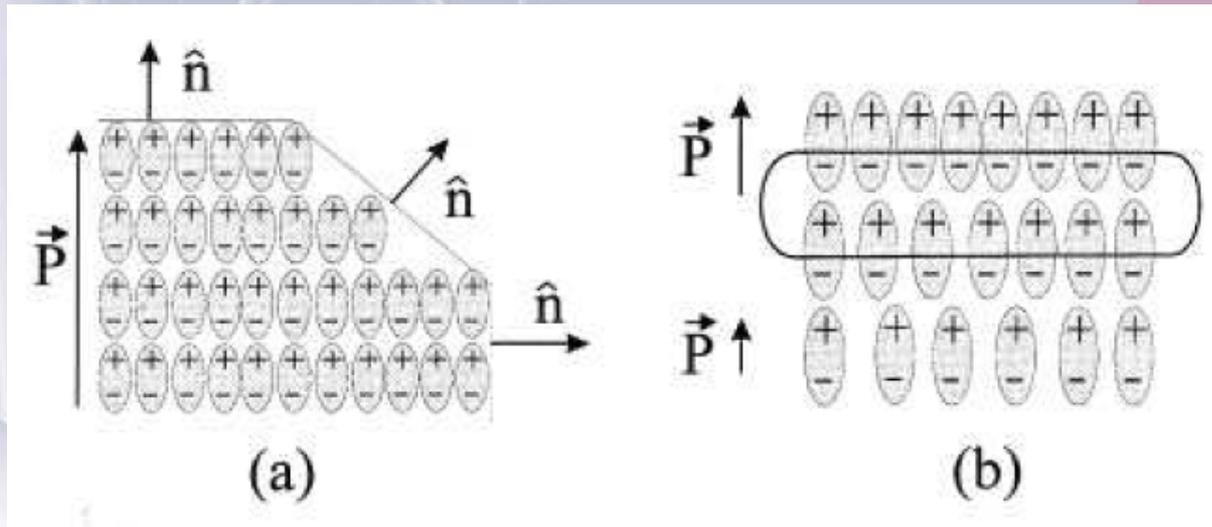
- Densidades de carga de polarización

(a) Superficial

$$\sigma = \vec{P} \cdot \vec{n}$$

(b) Volumétrica

$$\rho = -\nabla \cdot \vec{P}$$



La existencia de dipolos, garantiza la aparición de una densidad de carga superficial de polarización, que será máxima en las superficies perpendiculares a \vec{P} . La manera de expresar estas variaciones es a través del producto escalar

La densidad de carga volumétrica, está asociada a la no uniformidad o no homogeneidad de la polarización debida a variaciones estructurales de la materia o a la presencia de densidades de carga libre.

Esta carga es así la fuente del aumento de la polarización (divergencia)

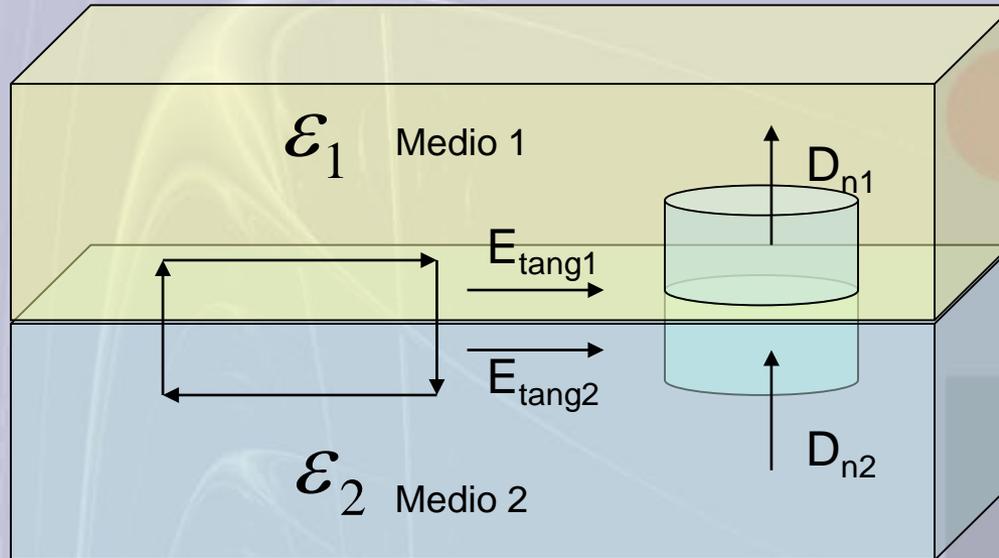
Ley de Gauss en dieléctricos

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_l$$

$$\int_s \vec{D} \cdot \vec{n} \, ds = Q$$

donde $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

Campo E en materiales. Condiciones de contorno



$$n \cdot (D_1 - D_2) = \sigma$$

n : vector normal del medio dirigido desde el medio 2 hacia el medio 1

$$n \times (E_1 - E_2) = 0$$

$$E_{tang1} = E_{tang2}$$

$$D_{n1} = D_{n2}$$

$$E_{n1} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} E_{n2}$$

Campo E en materiales. Condiciones de contorno

Aire (vacío) $\epsilon_r = 1$	Teflón $\epsilon_r = 2.1$ $\chi_e = 1.1$
$E = E_0$ →	→ $E = 0.476 E_0$
$D = \epsilon_0 E_0$ →	→ $D = \epsilon_0 E_0$
$P = 0$	→ $P = 0.524 \epsilon_0 E_0$

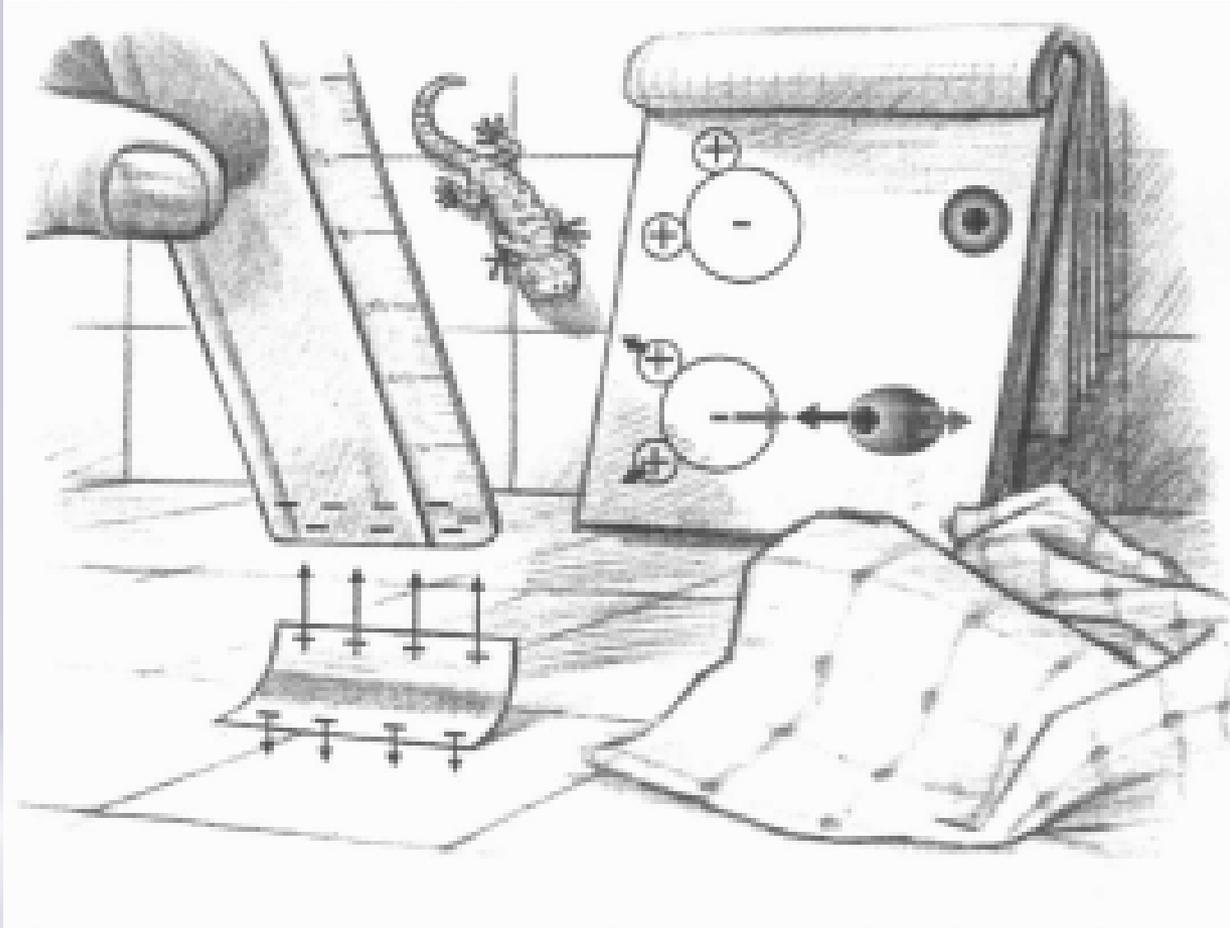
Moléculas y fuerzas de Van der Waals. Polarización

Molécula apolar: distribución de la carga simétrica. El campo eléctrico externo puede polarizar la molécula formando un “dipolo inducido”. Ej. Oxígeno molecular. **Dipolos inducidos**

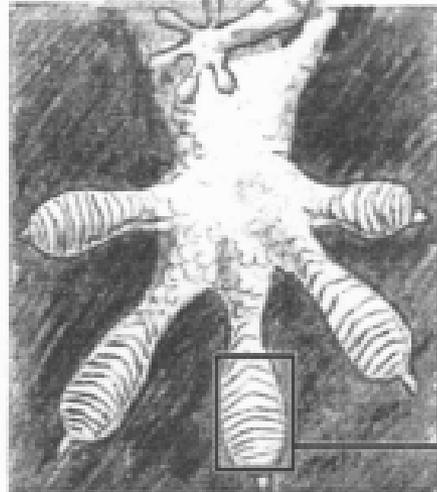
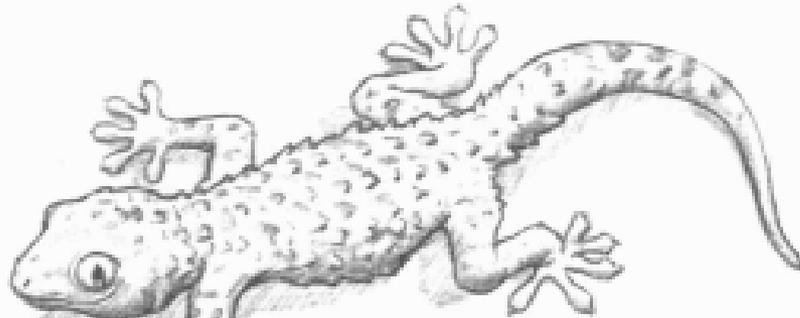
Molécula polar: distribución de la carga asimétrica. Campo eléctrico externo hace girar a la molécula. **Dipolos permanentes.** Ej. Molécula de agua

Fuerzas de Van der Waals: Resultan de las interacciones entre los dipolos inducidos de las moléculas polarizables y los dipolos permanentes de las moléculas polares. Atractivas. De corto alcance. Presentes en todo punto de contacto entre objetos.

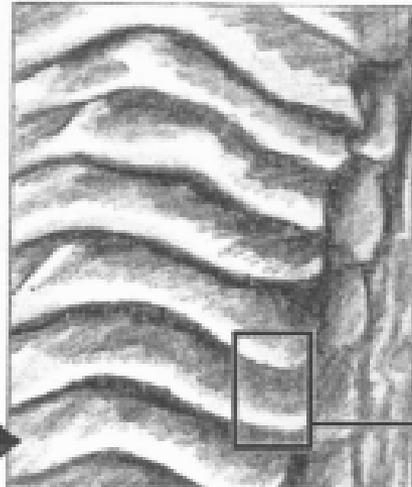
Polarización



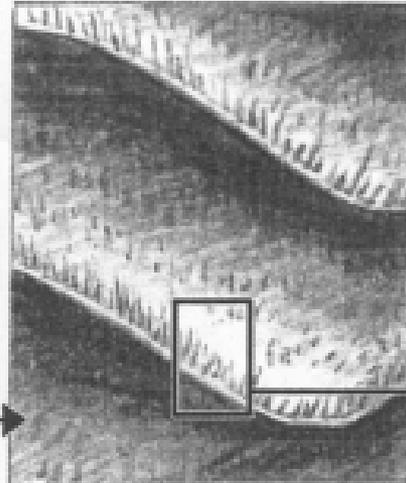
Polarización



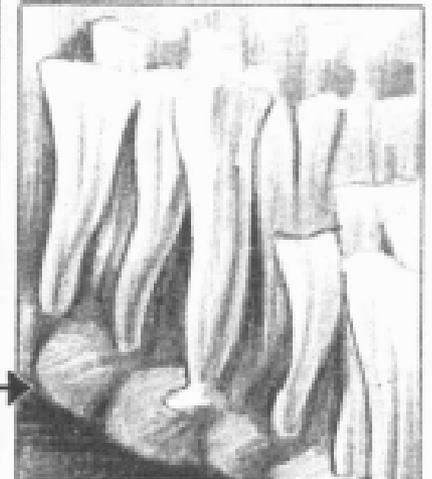
Pata de salamandresa



Láminas



Recubrimiento de púas



Púas o setae

Polarización

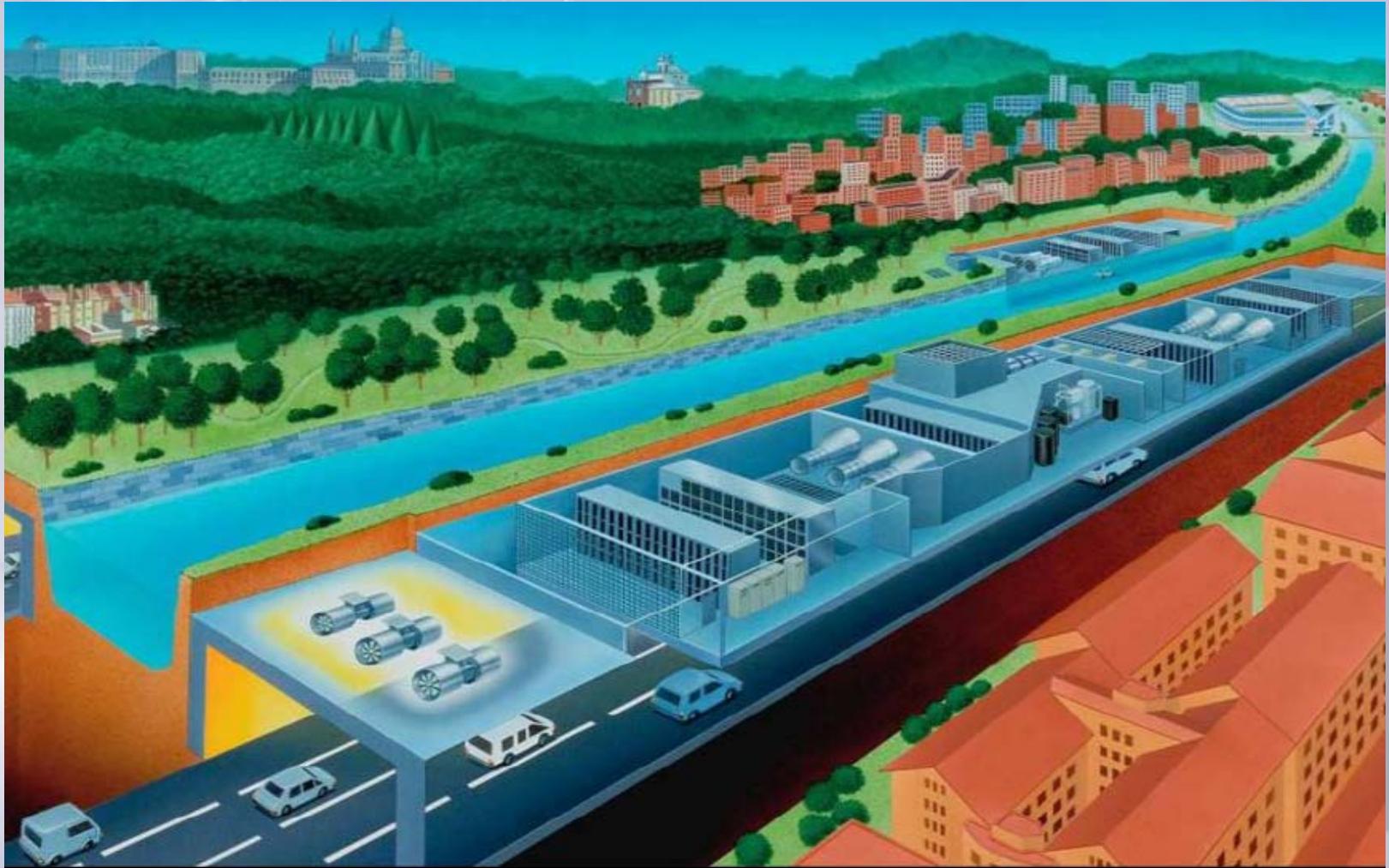


La **Mars Science Laboratory** (abreviada **MSL**), conocida como **Curiosity**

Fue lanzado el [26 de noviembre de 2011](#) a las 10:02 am EST, y aterrizó en Marte exitosamente en el [cráter Gale](#) el [6 de agosto de 2012](#)



Aplicación: Filtros electrostáticos M-30

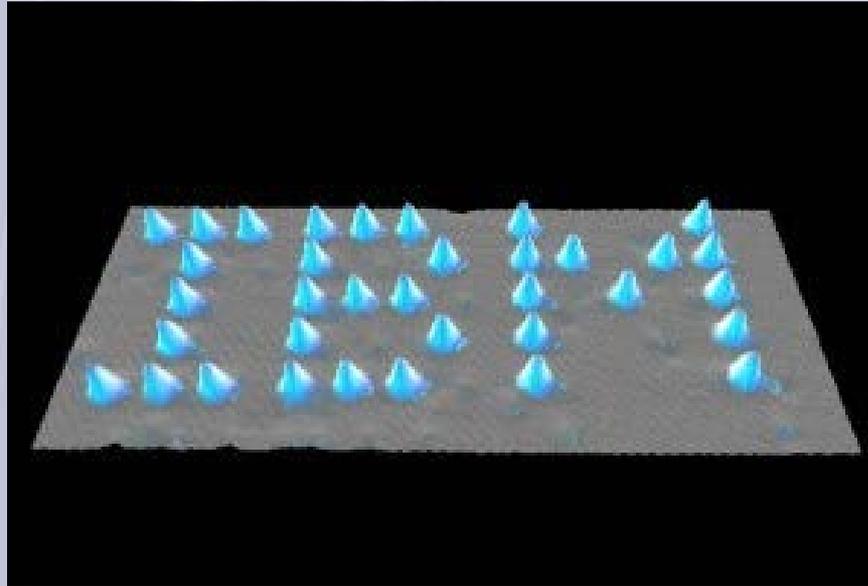


Energía electrostática

$$W = \int_v \left(\frac{1}{2} D \cdot E \right) dv = \int_v \frac{1}{2} \varepsilon \cdot E^2 dv$$

donde la densidad de energía electrostática : $w = \frac{1}{2} D \cdot E = \frac{1}{2} \varepsilon E^2$

Energía Electroestática



https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/insider/entry/ibm_research_aboyandhisatom?lang=en

<http://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>

Lipoatrofia y carga electrostática...

Research Article

Journal of
Applied Toxicology

Received: 3 February 2009,

Accepted: 10 February 2009,

Published online in Wiley InterScience: 31 March 2009

(www.interscience.wiley.com) DOI 10.1002/jat.1430

***In vitro* investigations related to the hypothesis that *Lipoatrophia semicircularis* finds its origin in electro-stimulation**

Luc Verschaeve* and Annemarie Maes

ABSTRACT: *Lipoatrophia semicircularis* (L.s.) is an idiopathic condition characterized by semicircular impressions of the skin, usually at the front and sides of both thighs. It is characterized by atrophy of the subcutaneous adipocytes whereas the skin and muscles remain normal. L.s. was originally considered to be very rare but over the past 13 years an outburst of L.s. has been observed in companies in Belgium and later on also in companies in other countries (e.g., Spain) where several hundred individuals were diagnosed with L.s. All these subjects belonged to the administrative personnel and worked in renovated or new offices. Different hypotheses have been put forward to explain the appearance of *Lipoatrophia semicircularis* but the hypothesis of an 'electric' origin of L.s. is probably the best documented and plausible. The present study was aimed to further investigate the likelihood of this hypothesis. The alkaline comet assay was used to investigate DNA damage in cells of different origin following exposure to a (strong) electric current. It was found that adipocytes showed more DNA damage than the other cells and hence that they are more vulnerable to such a current than macrophages and white blood cells. It was also found that DNA damage is significantly induced by an electric current in the blood from L.s. subjects whereas this is not so in blood from subjects without L.s. This may indicate that L.s. subjects are more responsive to an induced electric current and supports the hypothesis of an 'electric' origin of L.s. Copyright © 2009 John Wiley & Sons, Ltd.

Ec. de Poisson y Ec. de Laplace

De la ley de Gauss en dieléctricos $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_l$ Y con algo de matemática...

$$D = \epsilon E \quad E = -\nabla V$$

$$\nabla^2 \cdot V = -\frac{\rho_l}{\epsilon}$$

Ec. Poisson

En aquellos medios donde no hay cargas libres...

$$\nabla^2 \cdot V = 0$$

Ec. Laplace

MAGNETOSTÁTICA

Postulados fundamentales Magnetostática

$$\nabla \wedge \vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{j}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

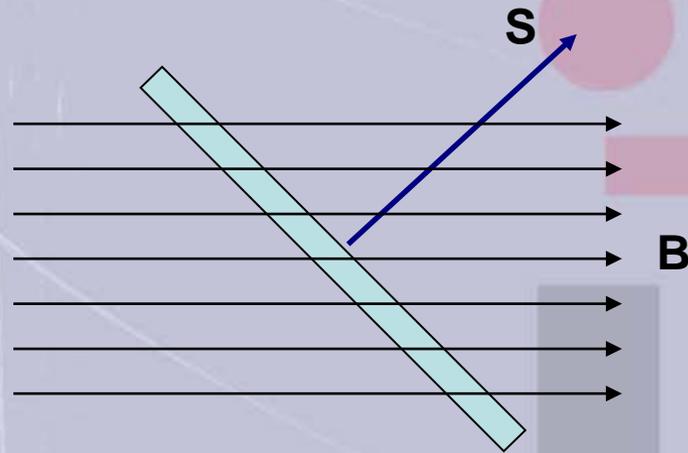
Ampere

Monopolos
magnéticos

Campo Magnético (estático)

- Campo **B**
- Flujo Magnético

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$



- Potencial magnético vector, **A**

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \Rightarrow \vec{B} = \nabla \times \vec{A}$$

$$A = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_v \frac{j}{r} dv \quad \text{análogamente a}$$
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_v \frac{\rho}{r} dv$$

Campo Magnético (estático)

- Ecuación de continuidad

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

Principio de conservación de la carga eléctrica

- Ley de Biot y Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{a}_r}{r^2}$$

Corrientes generan Campos

- Ley de Lorentz $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

Cargas en movimiento en presencia de campos estáticos

- Ley de Ampere

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

Las corrientes generan circulación de campos

Campo Magnético (estático)

- Dipolo magnético

- Momento dipolar magnético $\vec{m} = I \cdot \vec{s}$

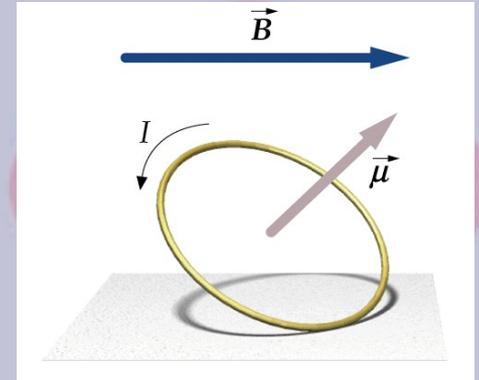
- Magnetización

- Condiciones de contorno

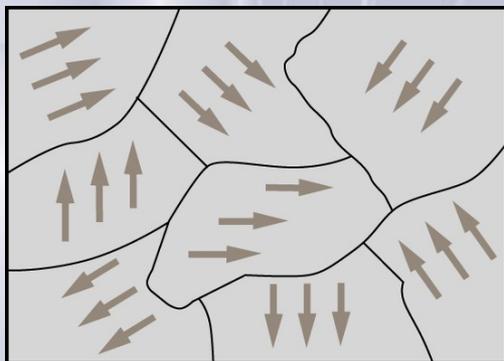
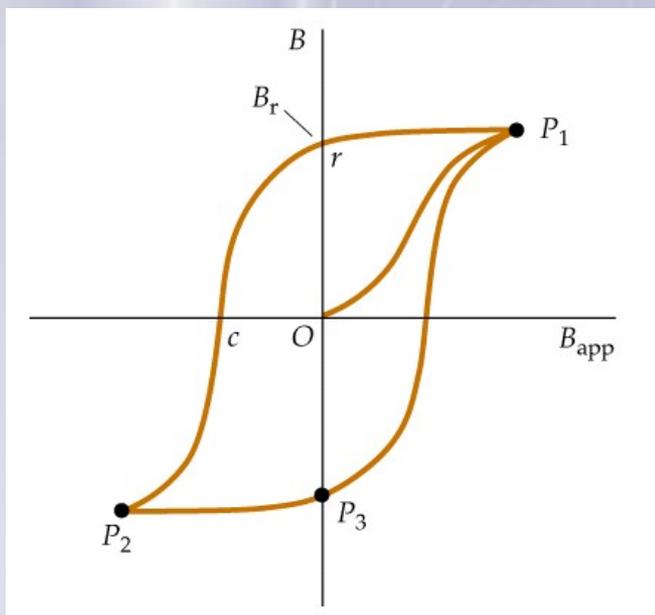
- Energía magnética

- Densidad de energía magnética

$$w_m = \frac{1}{2} \mu \cdot H^2$$



Campo B en materiales. Histéresis. Magnetización



$$B_t = B_{ext}(1 + \chi)$$

Diamagnéticos (χ negativo y pequeño)

	χ_m
Ag	-2.4×10^{-5}
Cu	0.98×10^{-5}

Ante un B_{ext}
aparición
campo sentido
contrario

Paramagnéticos (χ positivo y pequeño)

	χ_r
Al	2.1×10^{-5}
Ti	18×10^{-5}

Ante un B_{ext}
orientación
parcial

Ferromagnéticos (χ positivo y grande)

	χ_r
Fe	4000
Co	600

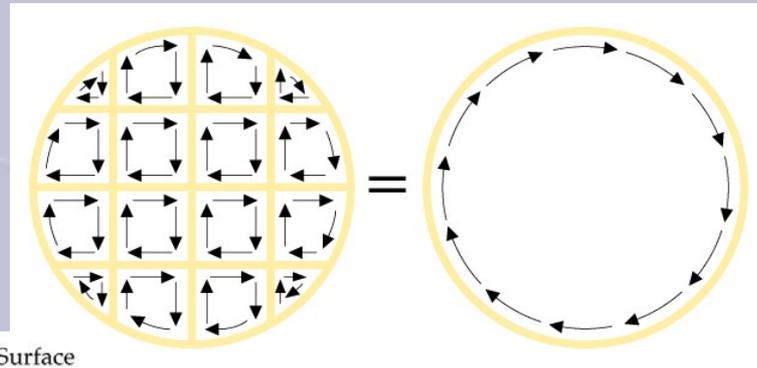
Ante un B_{ext}
orientación
total

Campo B en materiales. Magnetización

En medios no magnéticos

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

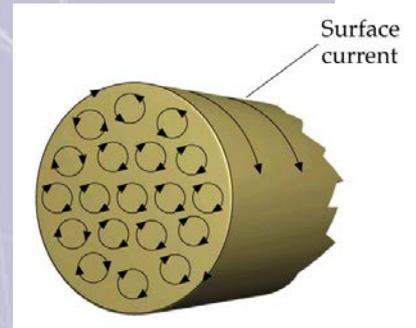
$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$



En medios magnéticos

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}_m)$$



$$\vec{j}_m = \nabla \times \vec{M}$$

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu_0} \vec{B} - \vec{M} \right) = \vec{j}$$

\vec{H}

Campo B en materiales. Magnetización

- Densidades de corriente de Magnetización

a) *Superficial*

$$\vec{J}_{sm} = \vec{M} \times \vec{n}$$

La manera de que no exista una contribución neta tal y como están dispuestas las espiras. Las espiras inducen corrientes superficiales, sin embargo estas sólo aparecerán si el vector magnetización es perpendicular a \vec{n}

b) *Volumétrica*

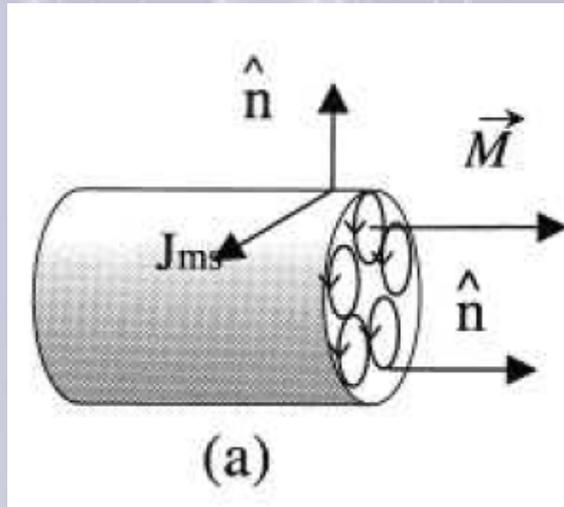
$$\vec{J}_{vm} = \nabla \times \vec{M}$$

Aparecen cuando existe algún tipo de no uniformidad del medio o de los campos externos. La no uniformidad siempre trae la implicación de un rotacional.

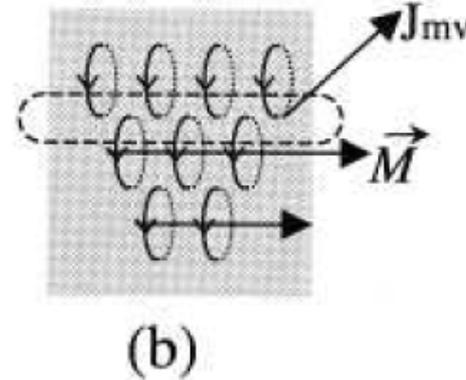
Campo B en materiales. Magnetización

- Densidades de corriente de Magnetización

a) Superficial $\vec{J}_{sm} = \vec{M} \times \hat{n}$



b) Volumétrica $\vec{J}_{vm} = \nabla \times \vec{M}$



Las espiras inducen corrientes superficiales, sin embargo estas sólo aparecerán si el vector magnetización es perpendicular a \mathbf{n} . En la base del cilindro, no hay contribución neta

La no uniformidad siempre trae la implicación de un rotacional. En este caso, el rotacional de la magnetización es la densidad de corr. de magnt. volumétrica

Campo B en materiales. Magnetización

Vector
Intensidad de
campo
magnético

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

Vector
Magnetización

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \cdot \vec{H}$$

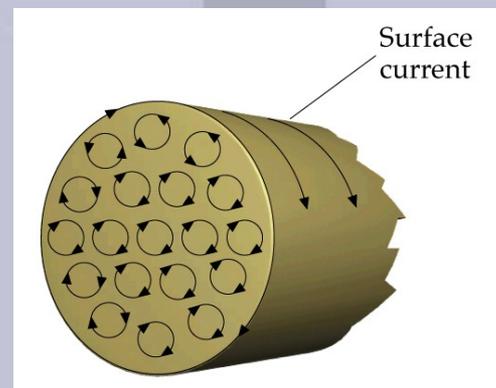
$$\vec{M} = \chi_m \cdot \vec{H}$$

Permeabilidad
relativa

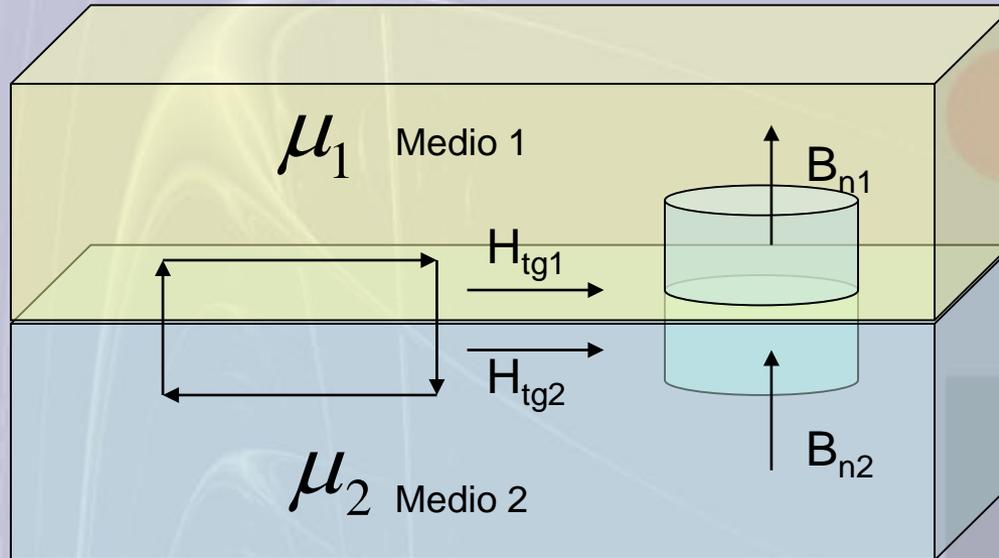
$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \cdot \vec{H}$$

Susceptibilidad
magnética

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$



Campo B en materiales. Condiciones de contorno



$$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = \mathbf{j}_s$$

\mathbf{n} : vector normal del medio dirigido hacia el medio 1

$$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = 0$$

Si el medio no es conductor ideal o superconductor, se puede aproximar

$$H_{tang1} - H_{tang2} = j_s$$

$$B_{n1} = B_{n2}$$

$$H_{1t} = H_{2t}$$

Energía magnetostática

$$W = \int_v \left(\frac{1}{2} \vec{H} \cdot \vec{B} \right) dv = \int_v \frac{1}{2} \mu \cdot H^2 dv$$

donde la densidad de energía magnetostática : $w = \frac{1}{2} H \cdot B = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu}$

Previo a las Ecuaciones de Maxwell...

Movimiento de cargas en campos magnéticos estáticos

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

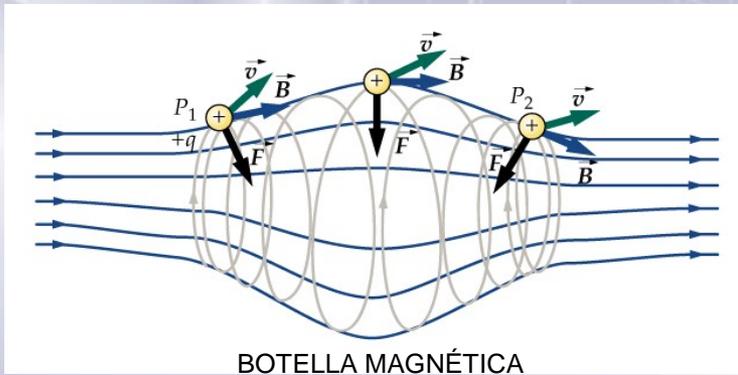
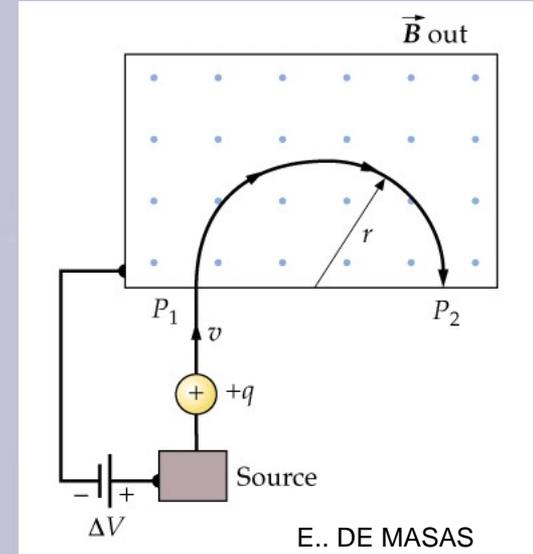
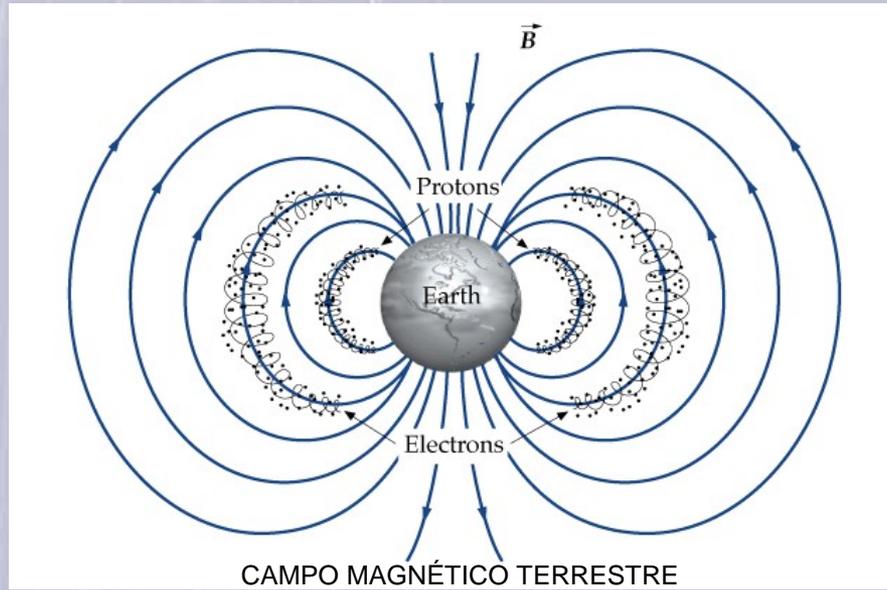
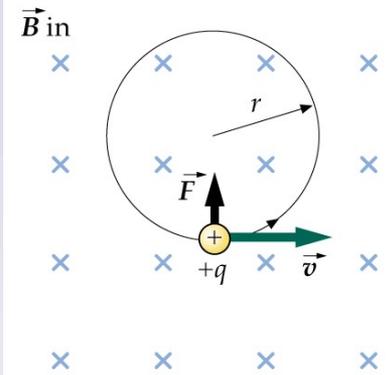
Movimiento de conductores en campos magnéticos estáticos

$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B} \quad \text{que se traduce en} \quad fem = \oint_c \vec{v} \times \vec{B} dl$$

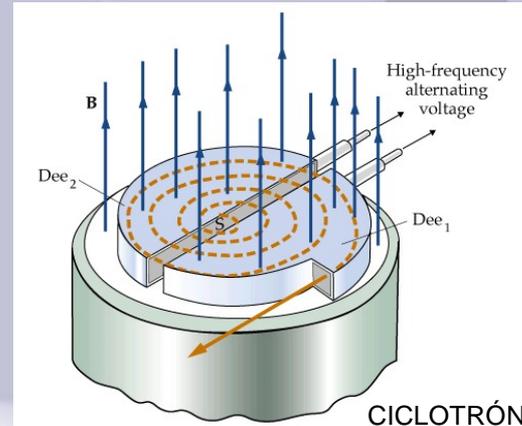
Campos magnéticos variables sobre circuitos cerrados

$$fem = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt}$$

Aplicaciones de estas nociones previas a Maxwell



BOTELLA MAGNÉTICA

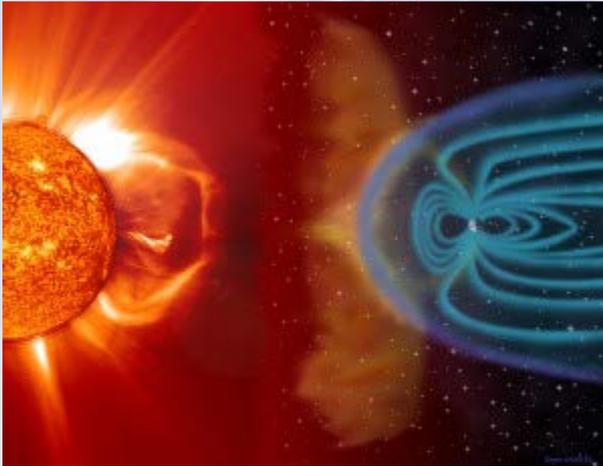


CICLOTRÓN

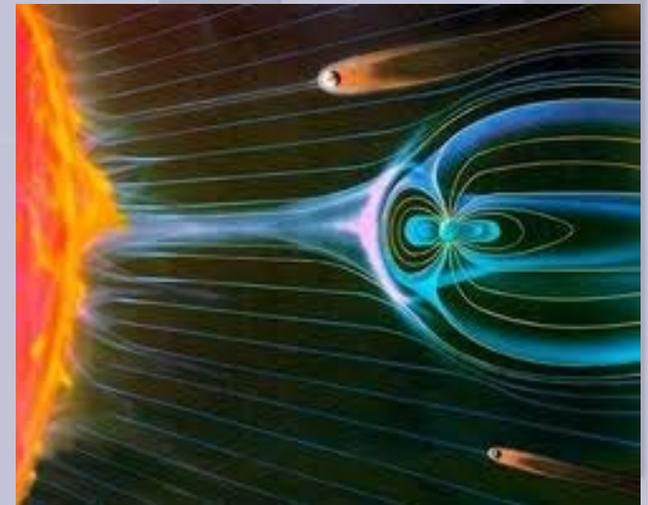
Aplicaciones...



El sol, un vecino inquietante...



Según publica la revista [New Scientist](#), una reciente investigación sugiere que el campo magnético terrestre influye en nuestro sueño. Se han analizado registros durante 8 años que permiten observar una correlación entre los sueños más extravagantes y los extremos locales en la actividad geomagnética



Aceleradores de partículas, para romper núcleos...



¿ROMPERAN TAMBIEN LA TIERRA?



El campo magnético de los Hospitales...



LOS EQUIPOS DE RESONANCIA MAGNÉTICA DEL GRUPO HM

La Resonancia Magnética, es una exploración radiológica que nace a principios de los años 80 y que permite obtener imágenes del organismo de forma incruenta, sin emitir radiación ionizante y en cualquier plano del espacio. La evolución tecnológica de los equipos ha hecho que esta técnica de diagnóstico sea imprescindible en los hospitales, aunque la disponibilidad de los mejores y más modernos equipos es algo restringido, por los costes y por la necesidad de tener personal técnico y especialistas muy bien formados.

El Grupo Hospital de Madrid dispone de las mejores resonancias que hay en el mercado, algunas de ellas únicas en Europa.

Hospital de Madrid Montepíncipe

Es el Hospital con más resonancias, disponiendo de una abierta (la primera que se instaló en España), una cerrada de alto campo (Philips) que permite la realización de espectroscopia, estudios cardiacos, en mujeres embarazadas y, como algo muy novedoso, neuroRM funcional (tractografía). Así mismo, dispone de la única RM abierta, vertical y dinámica de Europa, la cual permite realizar estudios en carga (de pie) y funcionales (articulaciones en movimiento).



Hospital de Madrid

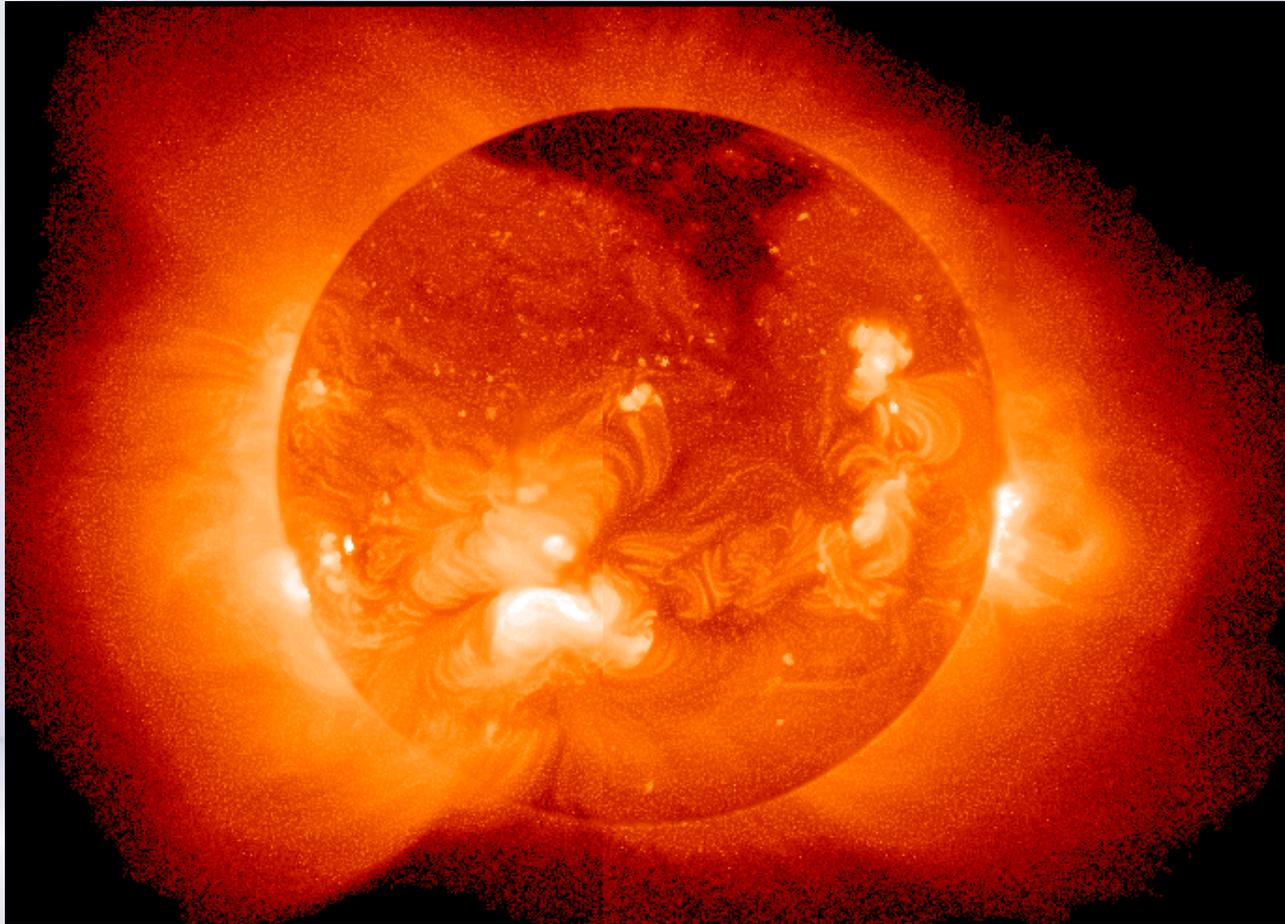
Este centro dispone de una resonancia abierta (Fonar) y una de alto campo de 1,5T (Siemens).



Hospital de Madrid Torreledones
Dispone de una RM abierta (Philips) y, próximamente de una de alto campo (1,5 T, Philips)

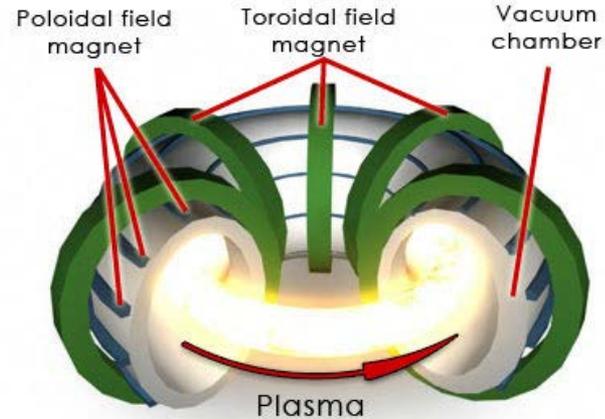
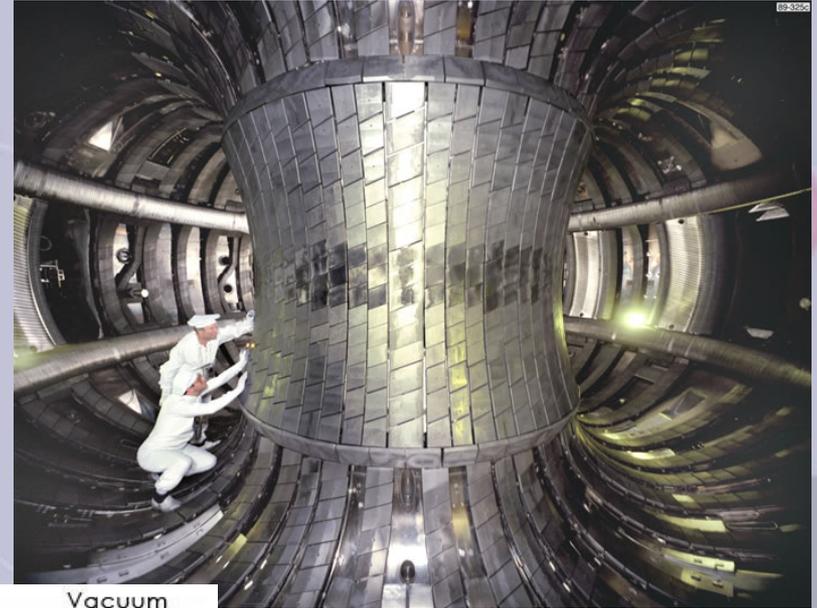
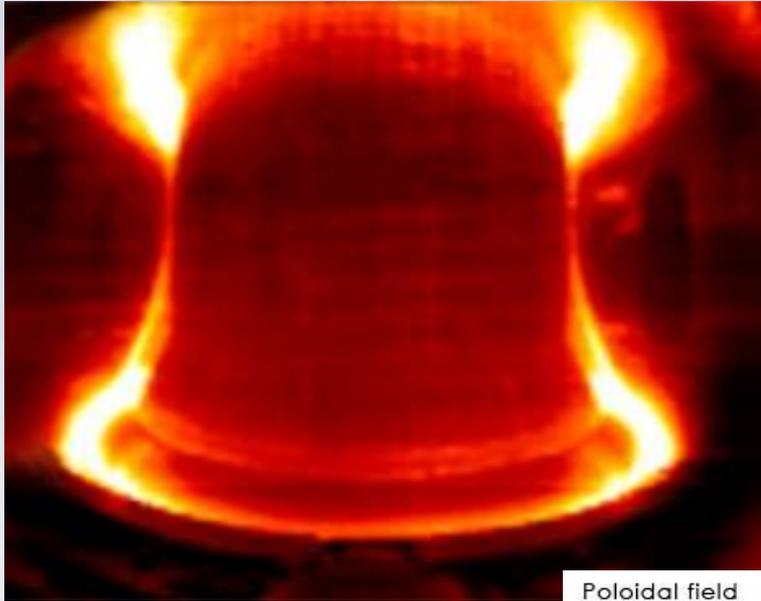
Hospital de Madrid Norte Sancharro
Recientemente inaugurado, dispone de la primera RM abierta de alto campo de España (Philips) y, próximamente dispondrá de una RM de 3T.

Reactores de Fusión, un Sol en la Tierra...



¿Dónde guardamos lo que fundimos?

Fusión por Confinamiento Magnético



© 2005 HowStuffWorks

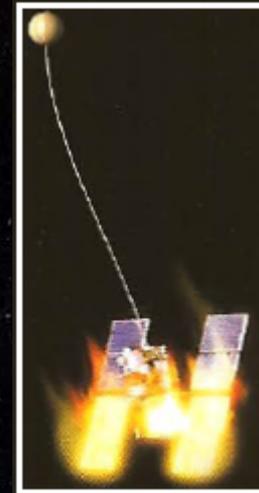
Como sacar objetos de su órbita utilizando el Campo Magnético terrestre



Un satélite a una altura de 1000km reentrará en la densa atmósfera baja y se quemará allí solo dentro de 2000 años



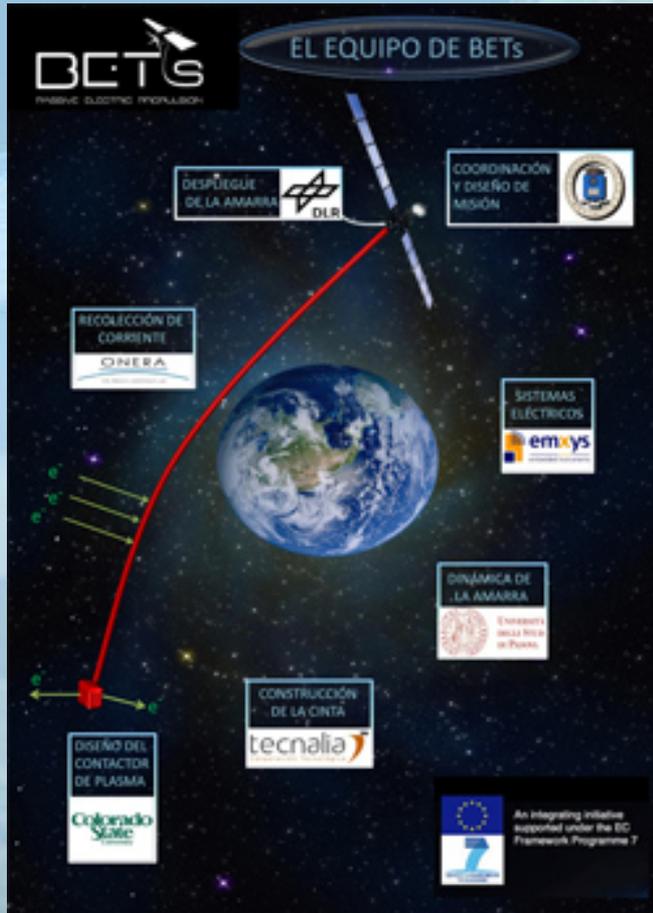
El satélite llega al fin de su misión y despliega su amarra. El frenado magnético hace descender al satélite a capas más densas de la atmósfera



El satélite alcanza las capas mas bajas donde la fricción del aire le hace bajar rápidamente y quemarse, y se consigue sacar al satélite de su orbita.



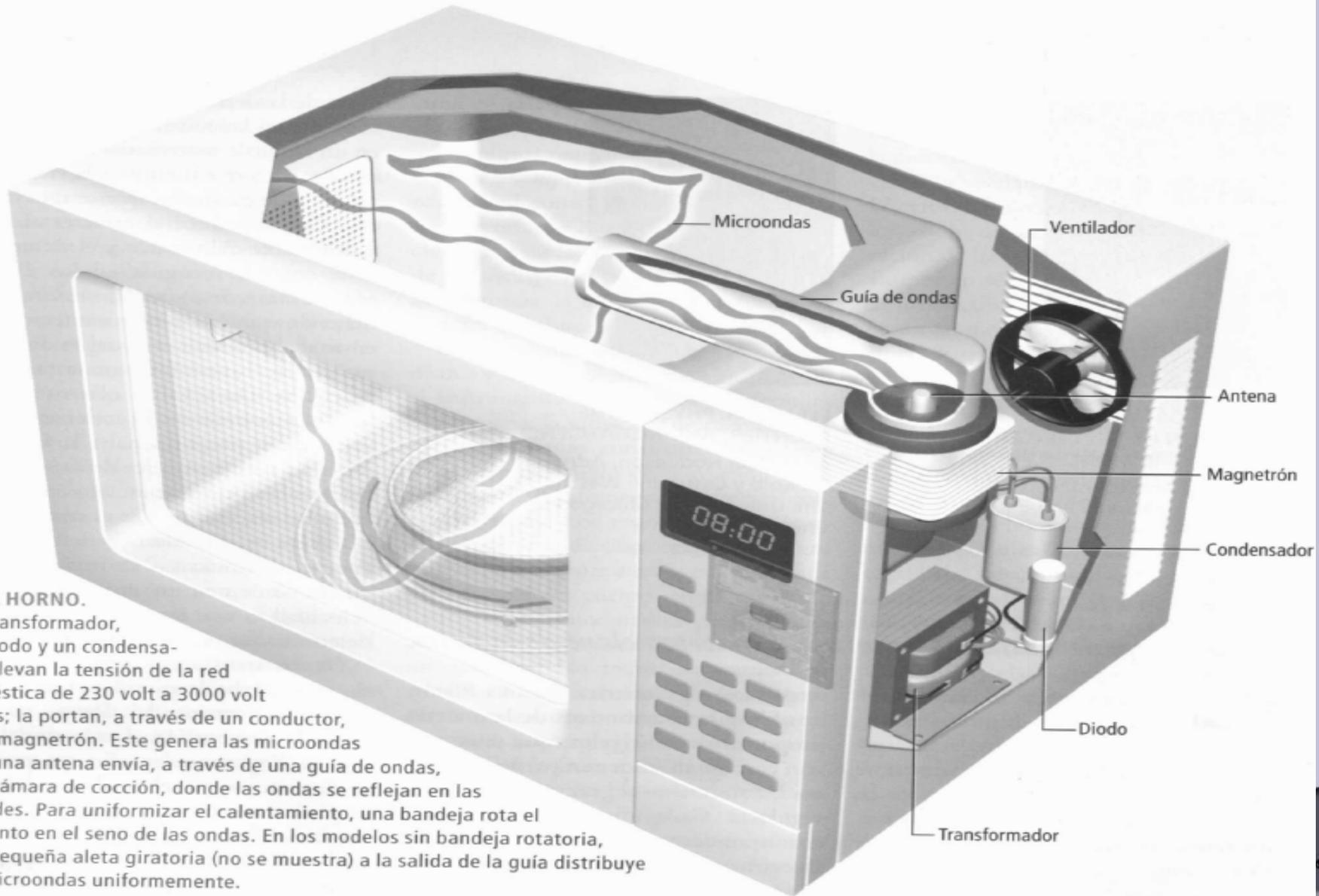
Eliminando Basura Espacial...



BETs focaliza su interés en satélites a menos de 2.000 kilómetros de altura (órbita LEO) y plantea para el deorbitado de la basura espacial el uso de amarras espaciales (largos cables conductores), que utilizan el frenado por el campo geomagnético en lugar del muy débil frenado atmosférico.

Aplicaciones de estas nociones previas a Maxwell.

Microondas

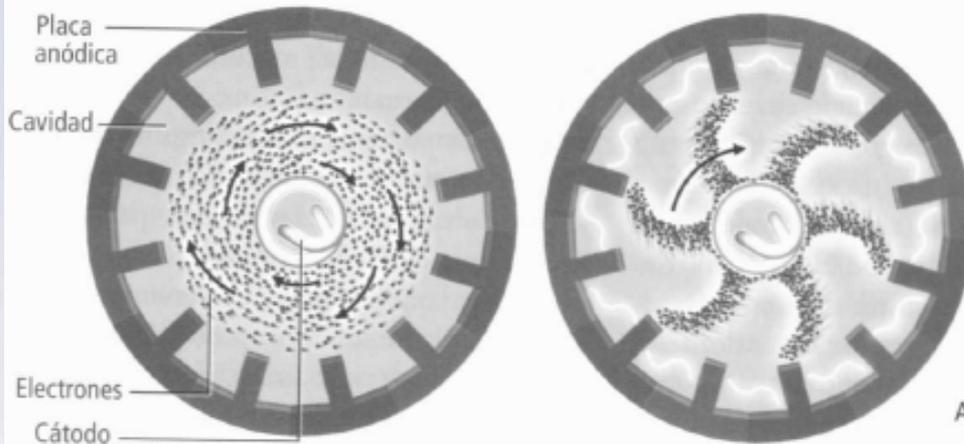


2. EL HORNO.

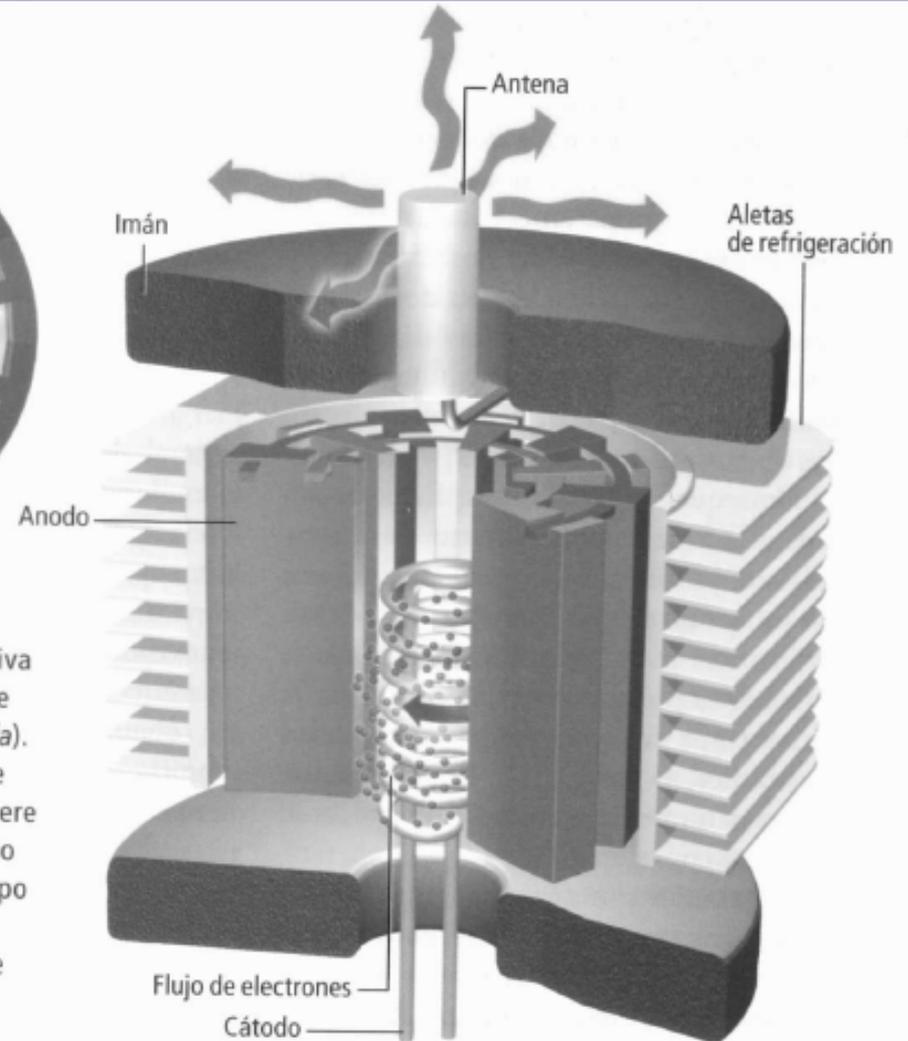
Un transformador, un diodo y un condensador elevan la tensión de la red doméstica de 230 volt a 3000 volt o más; la portan, a través de un conductor, a un magnetrón. Este genera las microondas que una antena envía, a través de una guía de ondas, a la cámara de cocción, donde las ondas se reflejan en las paredes. Para uniformizar el calentamiento, una bandeja rota el alimento en el seno de las ondas. En los modelos sin bandeja rotatoria, una pequeña aleta giratoria (no se muestra) a la salida de la guía distribuye las microondas uniformemente.

Aplicaciones de estas nociones previas a Maxwell.

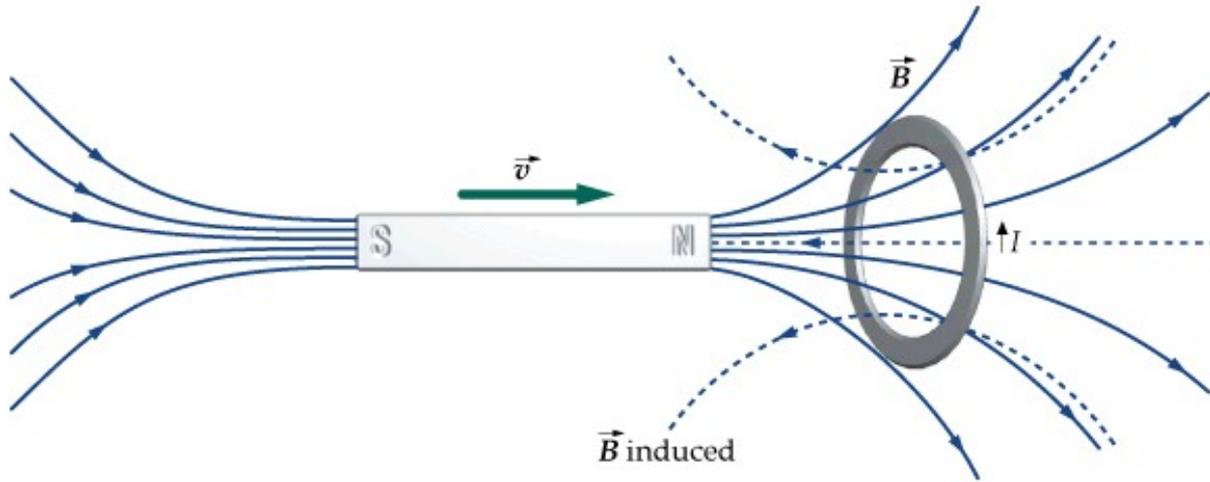
Microondas



3. EL MAGNETRON. El filamento catódico (*abajo*) es sometido a una alta tensión; al calentarse, emite electrones que son atraídos por la carga positiva de las placas anódicas. El campo magnético creado por los imanes hace que gire la nube electrónica, a la vez que se mueve hacia fuera (*arriba, izquierda*). Así la nube se conforma a modo de radios curvos que cruzan por delante de las cavidades entre las placas (*arriba, derecha*). A su paso, cada radio confiere una carga negativa a la cavidad, cuya tensión baja hasta la llegada del radio siguiente. Esas subidas y bajadas de tensión en las cavidades crean un campo magnético que oscila a 2,45 gigahertz. La antena conectada resuena a esa frecuencia y emite microondas por su extremo, lo mismo que una antena de radio.

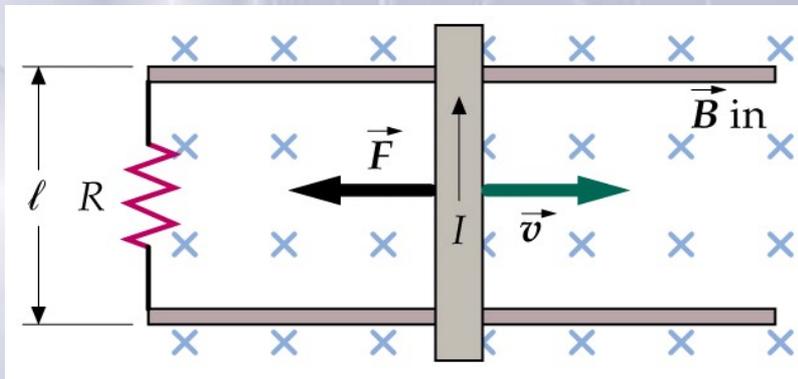


Inducción Electromagnética. Ley experimental

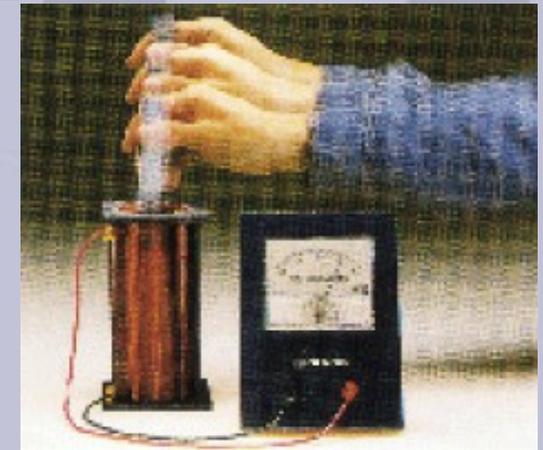


Lenz-Faraday

$$fem = - \frac{d\Phi}{dt}$$

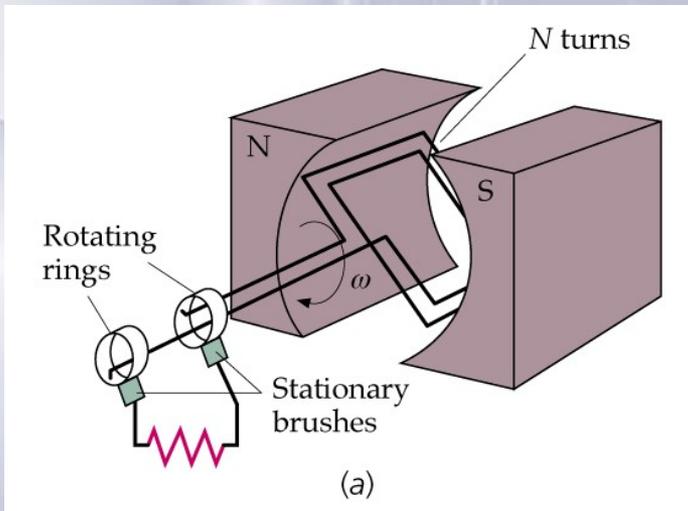
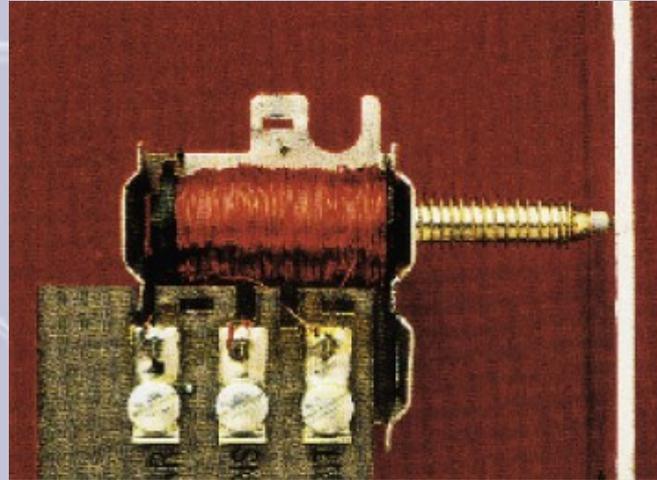
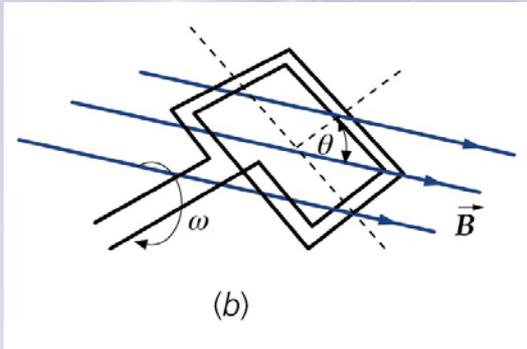


Principio
mecánico
de Inercia

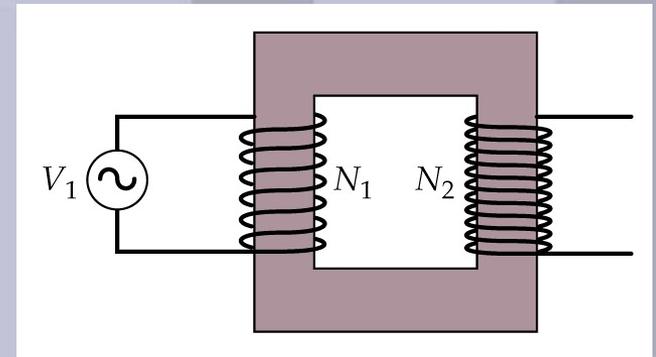


Inducción Electromagnética. Aplicaciones

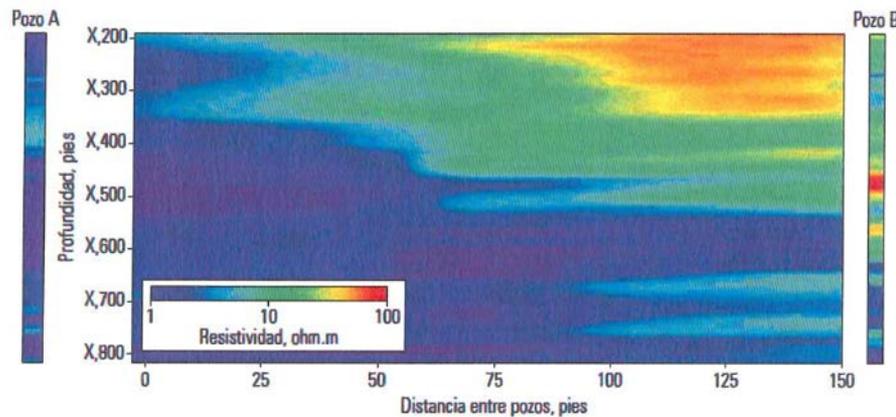
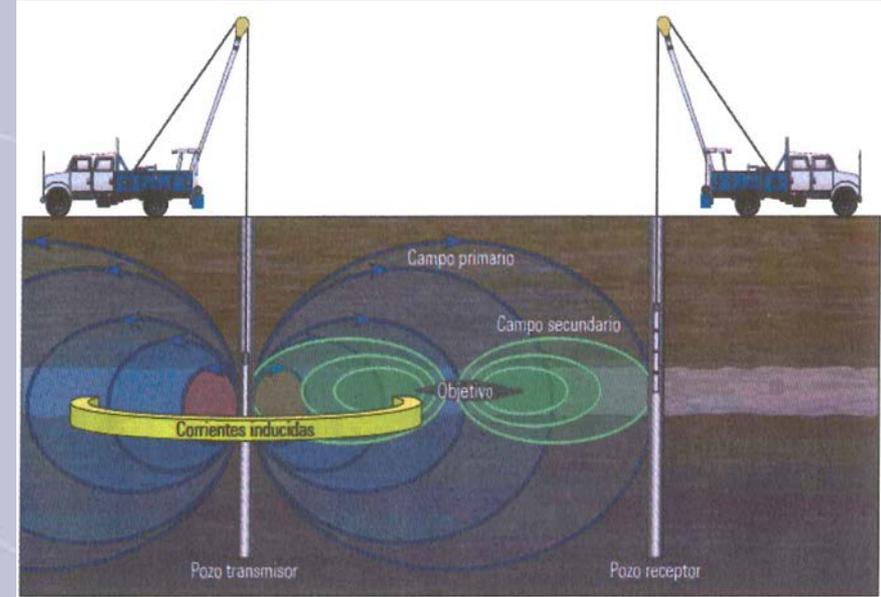
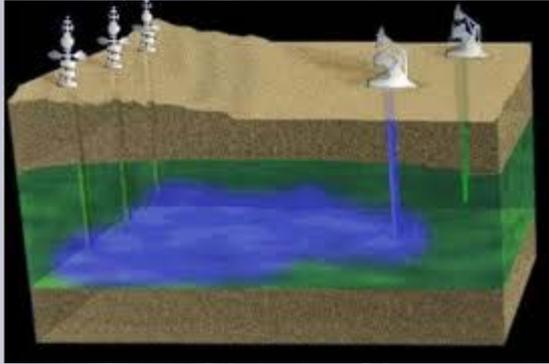
Motor eléctrico. Dinamos



Transformadores



Prospección Pozos petrolíferos. Aplicaciones.



^ Perfil de resistividad entre pozos. La baja resistividad (sombreado azul) es una característica habitual de las capas de lutita y de las zonas barridas con vapor; en el otro extremo del espectro, las resistividades más altas (naranja a rojo) son características de las areniscas petrolíferas no barridas. Las resistividades intermedias (verde) representan zonas de transición entre el vapor y el petróleo. El levantamiento DeepLook-EM proveyó la imagen de un límite abrupto a mitad de camino entre los pozos; los cambios producidos en la resistividad, que pasa de 2 ohm.m en la zona agotada a más de 50 ohm.m en la zona no barrida. Lo más probable es que la baja resistividad resulte del reemplazo del petróleo por el agua de formación y el condensado de vapor inyectado en un pozo situado a la izquierda de este levantamiento.