

La carga eléctrica

Los fenómenos eléctricos y magnéticos

Prof. R. Nitsche C.
Física Medica – UDO Bolívar

La carga eléctrica



- La carga eléctrica es una propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas.
- La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos, siendo a su vez, generadora de ellos.

Historia de la carga eléctrica (1)

- En el siglo VII a.C., el filósofo **Tales** de la Ciudad **de Mileto** observó que al frotar ámbar este atraía pequeños objetos. Así el ámbar amarillo (elektron = su nombre griego) se volvería una piedra mágica, otra era la magnética (que atraía pequeños objetos de hierro).
- Otros antiguos griegos encontraron propiedades similares en el azabache y la turmalina.



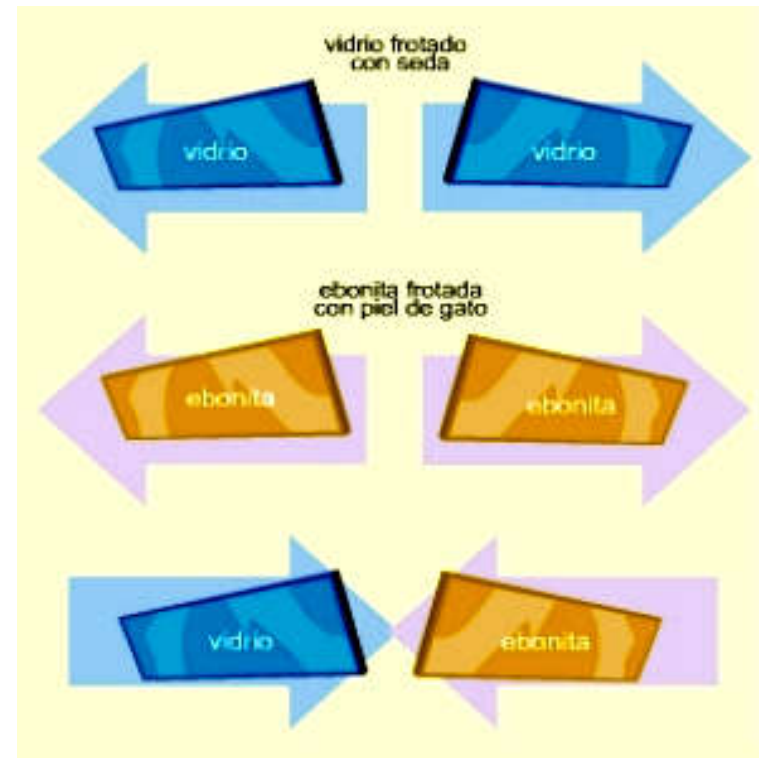
Historia de la carga eléctrica (2)

- Pasarían dos milenios antes de empezar a estudiar el '*fenómeno ámbar*' otra vez. A fines del siglo XVI e inicios del XVII **William Gilbert** estudia el fenómeno y encuentra que otros materiales al frotarse hacen lo mismo, a estos los llamó eléctricos; aquellos en los cuales no ocurría los llamo no-eléctricos.
- Uno de los más comunes materiales eléctricos en el actualidad son los objetos de plástico que al frotarlos repiten el fenómeno.



Historia de la carga eléctrica (3)

- Contrariamente a la opinión de Gilbert, a fines del siglo XVII e inicios del XVIII, el francés **Charles François de Cisternay du Fay** probó que todos los cuerpos son electrizables.
- Encontró también que existían dos tipos de electricidad, una como el ámbar y las resinas (que llamo resinosa); y otra presente en vidrios y cristales (que llamó vítrea). Encontró también que cuerpos con el mismo tipo de electricidad se repelían y de tipos diferentes se atraían.



Historia de la carga eléctrica (4)

- **Du Fay** propone que existen dos fluidos dentro de los cuerpos, que debían estar mezclados en iguales cantidades (estado neutro); el frotamiento perturbaría la relación cuantitativa de los fluidos, provocando el predominio de uno de ellos.
- Esta idea fue ampliada por otros, hasta que finalmente el norteamericano **Benjamín Franklin** propuso que sólo uno de los fluidos se movía, provocando el incremento (+) o la falta del mismo (-). Franklin supuso que el fluido que se movía era el vítreo.



Historia de la carga eléctrica (5)

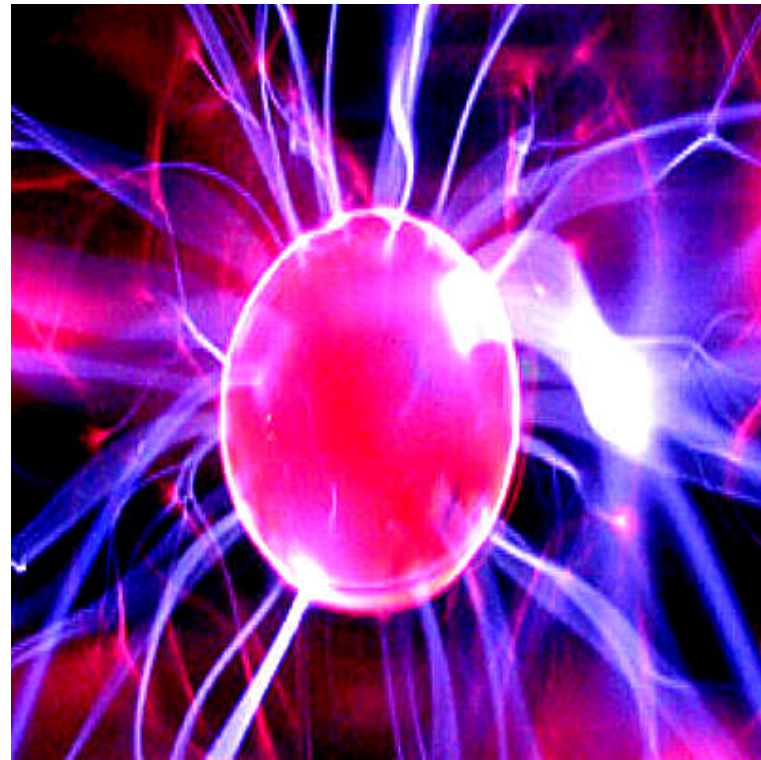
- No sería hasta fines del siglo XIX e inicios del XX que se encontró a la partícula cargada eléctricamente que fluía, resultado ser uno de los componentes del átomo, que recibe el nombre de **electrón** (*en honor al ámbar inicial*), y para error de *Franklin* tenía carga negativa (*resinosa*).
- La existencia del electrón aportó otra propiedad importante de la carga, que esta cuantizada, todo cuerpo tiene una carga (**q**) que es múltiplo entero de la carga del electrón (**q_e**).



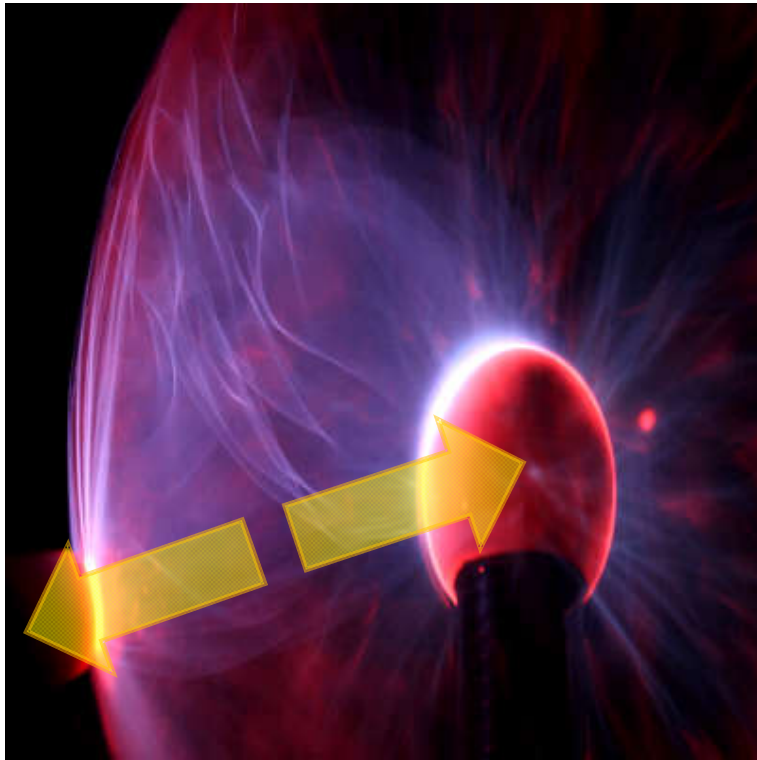
Historia de la carga eléctrica (6)

$$q_{\text{electrón}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

- La física moderna del siglo XX aportó algo más, mientras que la masa de las partículas aumenta conforme aumenta la velocidad, la carga eléctrica permanece invariable en magnitud ante los incrementos de velocidad.



Electrostática – Ley de Coulomb



$$F_{el\u00e9ctrica} = K_e \cdot \left[\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right] = \left[\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_o} \right] \cdot \left[\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \right]$$

- La electrost\u00e1tica es la rama de la F\u00edsica que estudia las cargas el\u00e9ctricas en reposo, y los efectos mutuos de atracci\u00f3n y repulsi\u00f3n que se producen entre los cuerpos cargados, cuyas dimensiones son despreciables frente a otras dimensiones del problema.
- La fuerza entre cargas obedece a la **ley de Coulomb**, siendo proporcional al producto de las cargas que interact\u00faan (q_1 y q_2) e inversamente producto del cuadrado de la distancia que las separa (r).

Constantes Eléctricas



$$K_e = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

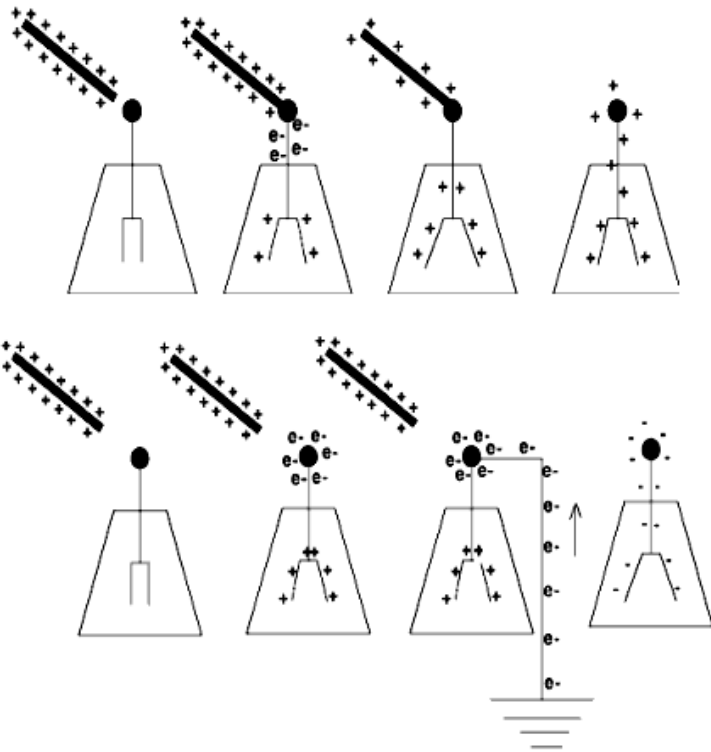
siendo : K_e = constante de Coulomb

$$K_e = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_o}$$

$$\epsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

siendo : ϵ_o = constante de permitividad
en el vacío

Como cargar un cuerpo



- Básicamente hay tres formas, la primera es por **fricción**, donde se separan las cargas por roce mecánico.
- La segunda es por **contacto**, un cuerpo cargado transfiere parte de su carga a otro no cargado.
- La tercera forma es por **inducción**, donde un cuerpo cargado se acerca a otro pero sin tocarlo; el cuerpo no cargado (conectado a tierra) se llena de carga opuesta (por atracción eléctrica) y antes de retirar el primer cuerpo se separa al segundo de la tierra, quedando el segundo cuerpo cargado con carga opuesta al primero.

Campo Eléctrico

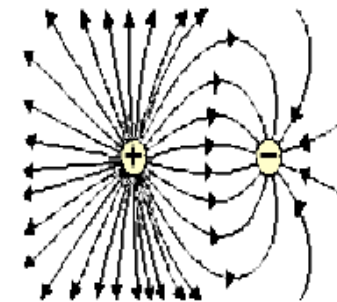
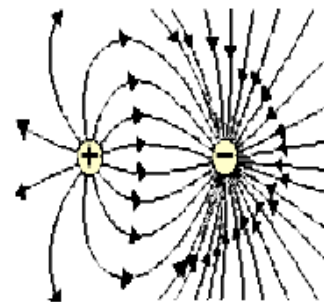
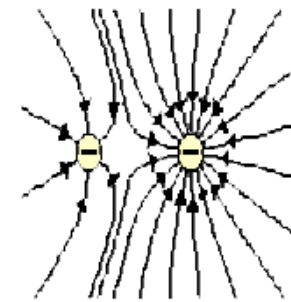
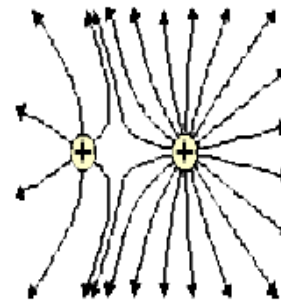


- El campo eléctrico es un campo físico que es representado mediante un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica.
- Se describe como un campo vectorial en el cual una carga eléctrica puntual (unitaria) de valor q sufre los efectos de una fuerza eléctrica.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q} \Leftrightarrow \vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$$

Líneas de fuerza

- Una línea de fuerza o línea de flujo es normalmente la curva cuya tangente proporciona la dirección del campo (vectorial) en ese punto.
- Para dibujar línea de fuerza se tiene que:
 - El número líneas es proporcional al tamaño de la carga .
 - Para cargas positivas las líneas salen, y entran en las cargas negativas.
 - Dos líneas nunca se cruzan.



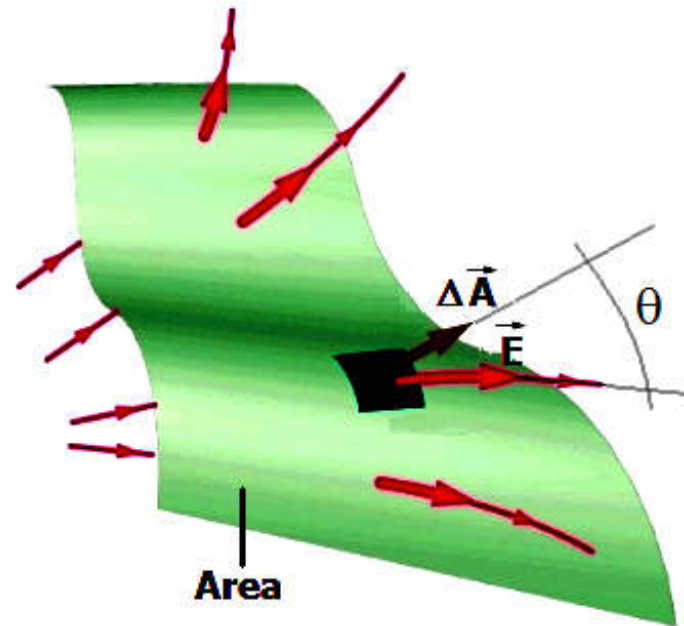
Flujo eléctrico

(Flujo electrostático)

- El flujo eléctrico, o flujo electrostático (ϕ_e), es una cantidad escalar que expresa la medida en que el campo eléctrico que atraviesa una determinada superficie.
- Expresado de otra forma, es la medida del número de líneas de campo eléctrico que penetran una superficie.

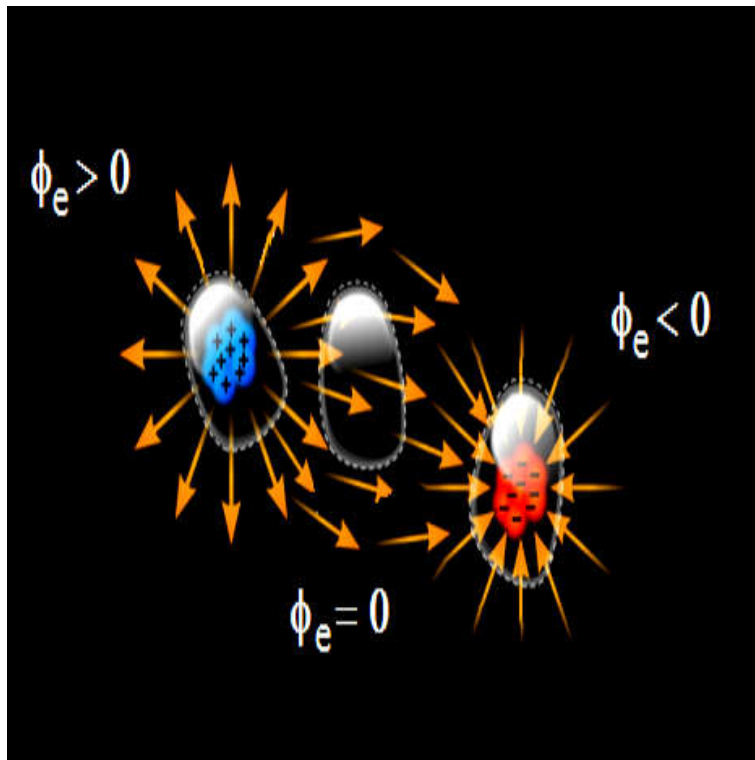
$$\Delta\phi_e = \vec{E} \cdot \vec{\Delta A} = E \cdot \Delta A \cdot \cos(\theta)$$

$$\phi_e = \sum \Delta\phi_e$$



Ley de Gauss

(para el campo electrostático)

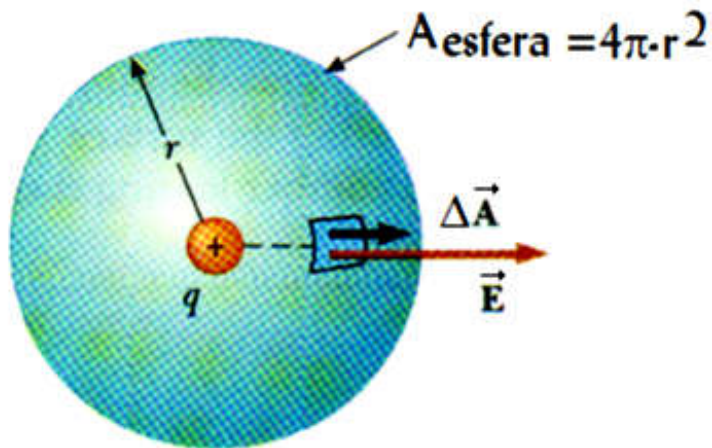


- En física la **Ley de Gauss** establece que el flujo de ciertos campos a través de una superficie cerrada es proporcional a la magnitud de las fuentes de dicho campo que hay en el interior de dicha superficie.
- En el caso de un campo electrostático el flujo eléctrico es proporcional a la carga encerrada dentro de la superficie cerrada.

$$\phi_e = \sum \vec{E} \cdot \vec{\Delta A} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{encerrada}}{\epsilon_0}$$

Campo eléctrico (1)

(de una carga puntual)

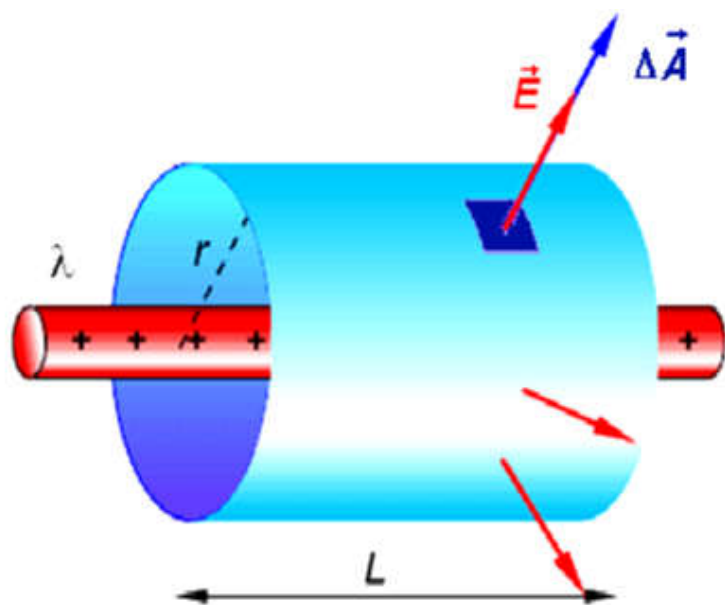


por ley de Gauss

$$\phi_e = \sum \vec{E} \cdot \vec{\Delta A} = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$
$$E \cdot A_{\text{esfera}} = E \cdot [4\pi \cdot r^2] = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$
$$E = \frac{q_{\text{encerrada}}}{4\pi \cdot r^2 \cdot \epsilon_0}$$

Campo eléctrico (2)

(de una línea recta infinita de cargas uniformes)



Area total = $A_{\text{tapas}} + A_{\text{cilindro}}$

por ley de Gauss

$$\phi_e = \sum \vec{E} \cdot \Delta \vec{A} = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$

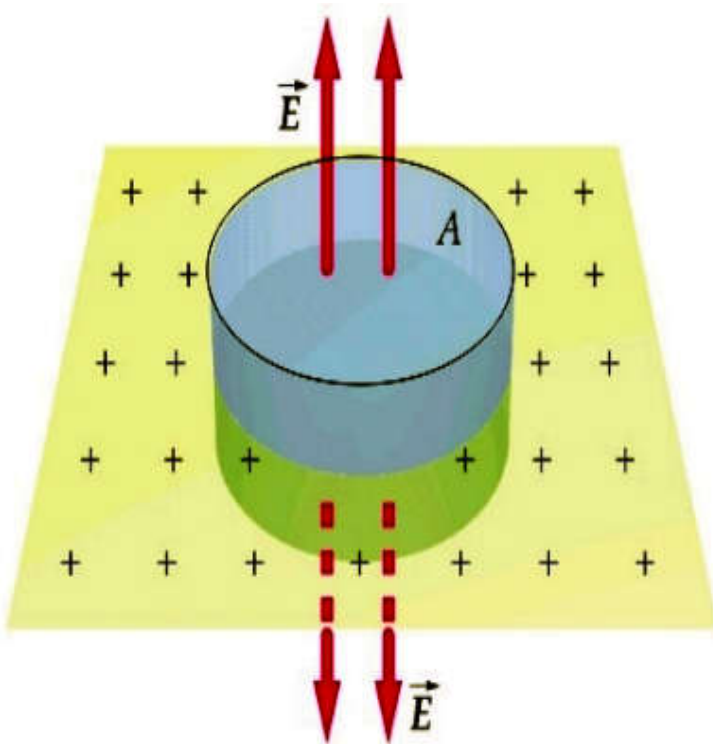
$$0 + E_2 \cdot A_2 + 0 = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$

$$E \cdot [2\pi \cdot r \cdot L] = \frac{\lambda \cdot L}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi \cdot r \cdot \epsilon_0}$$

$$\text{siendo: } \lambda = \frac{q}{L} = \frac{\Delta q}{\Delta L}$$

Campo eléctrico (3)

(de una superficie plana infinita de cargas uniformes)



por ley de Gauss

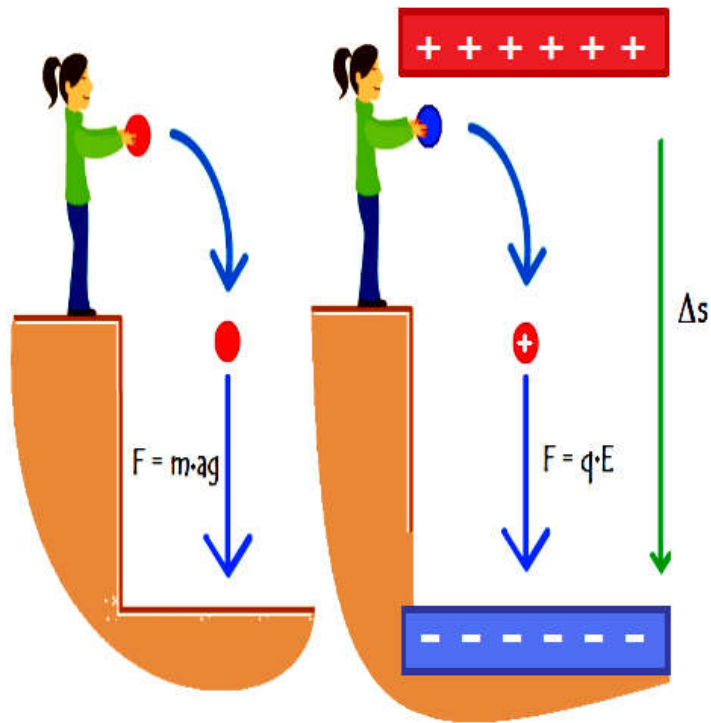
$$\phi_e = \sum \vec{E} \cdot \vec{\Delta A} = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$

$$E_1 \cdot A_1 + 0 + E_3 \cdot A_3 = \frac{q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0} \Rightarrow$$

$$E \cdot A + E \cdot A = \frac{\sigma \cdot A}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$$

siendo: $\sigma = \frac{q}{A} = \frac{\Delta q}{\Delta A}$

Potencial Eléctrico (1)



- Se mide el **cambio de potencial eléctrico** (ΔV) como la cantidad de trabajo necesaria para mover una carga puntual (q) en contra de su movimiento natural dentro de un campo eléctrico (E).

$$W = -\Delta E_{p_{elec}}$$

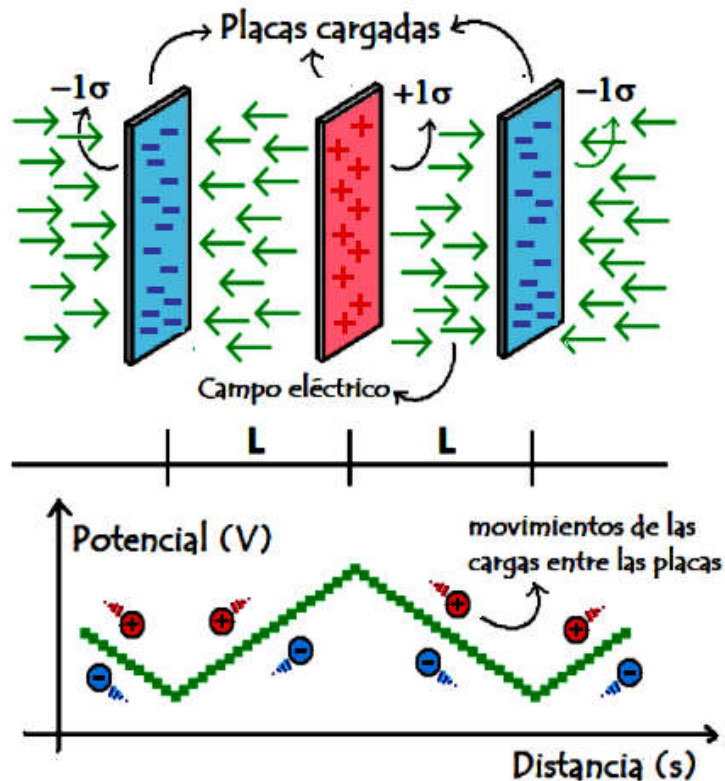
$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{-\Delta E_{p_{elec}}}{q} = \frac{-F_e \cdot \Delta s}{q}$$

$$\text{como : } F_e = q \cdot E$$

$$\Delta V = -E \cdot \Delta s \Leftrightarrow E = -\frac{\Delta V}{\Delta s}$$

- El potencial eléctrico se mide en Voltios (V) = J/C; y el campo eléctrico se mide en N/C ó en V/m.

Potencial Eléctrico (2)

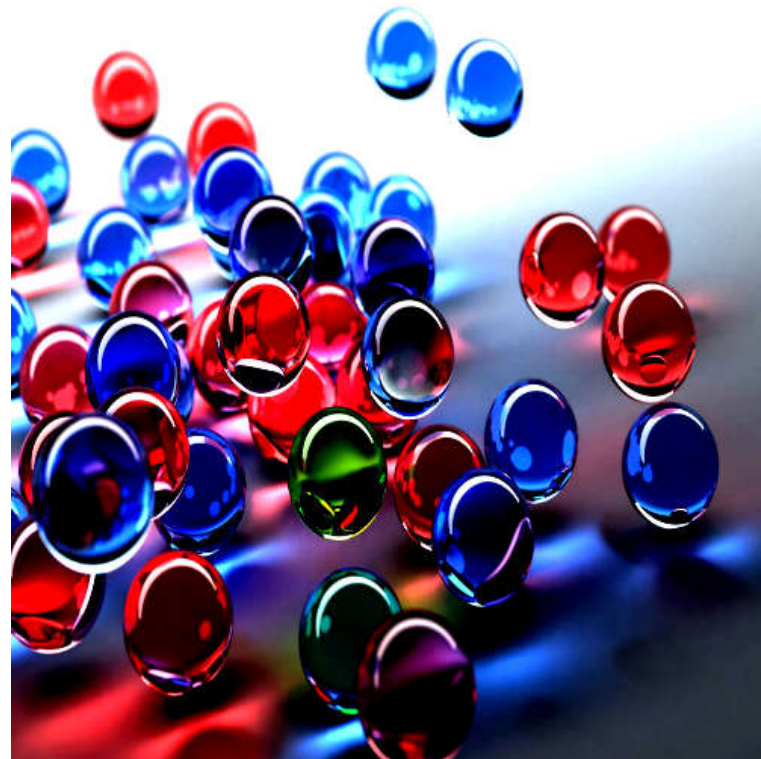


- El campo eléctrico es el gradiente del potencial eléctrico. Así la pendiente (con sentido opuesto) en la gráfica de **Potencial Eléctrico** contra **Distancia** da una medida del campo eléctrico y su dirección.
- Una carga positiva se mueve más rápido o más lento según sea la inclinación de la línea de **Potencial Eléctrico**, cayendo (en cargas positivas) o subiendo (en cargas negativas) por la gráfica de potencial eléctrico contra distancia.

Los enlaces químicos (1)

(Conductores y no conductores)

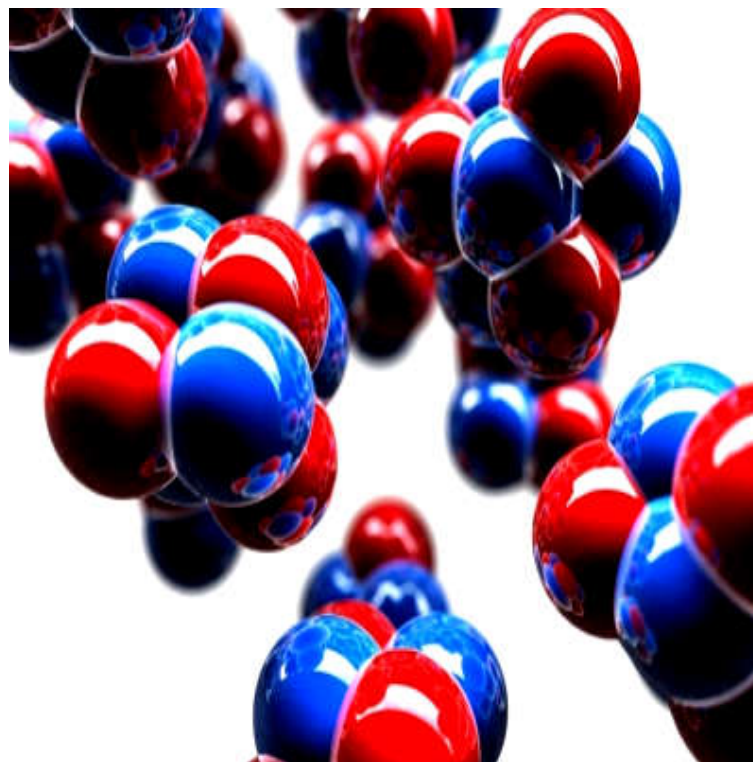
- Según la forma en que se comportan los electrones dentro de los átomos estos se pueden clasificar en **elementos metálicos** (con tendencia a soltar electrones), **elementos no metálicos** (que suelen atrapar electrones sueltos) y **semimetales** (un poco de ambas cosas). En general ocurre que los compuestos químicos formados por elementos metálicos suelen ser buenos **conductores eléctricos**, y los materiales compuestos por elementos no metálicos son malos conductores eléctricos, llamados también **aisladores** o **dieléctricos**.



Los enlaces químicos (2)

(La regla del octeto)

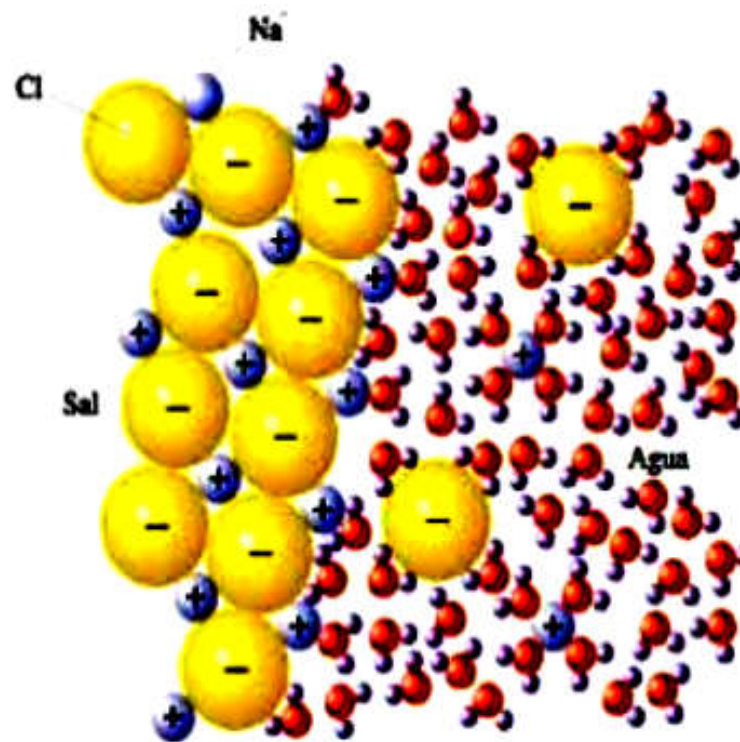
- Por naturaleza los elementos químicos suelen querer tener ocho electrones en su última capa (**regla del octeto**), salvo el Hidrogeno, el Helio y el Litio que se conforman con dos en su primera capa; el Berilio con cuatro y el Boro con seis en su segunda capa; y ciertos compuestos de Azufre y Fosforo pueden llegar a tener doce y diez electrones en su ultima capa respectivamente.
- Hay excepciones también con algunos compuestos metálicos.



Los enlaces químicos (3)

(El enlace iónico)

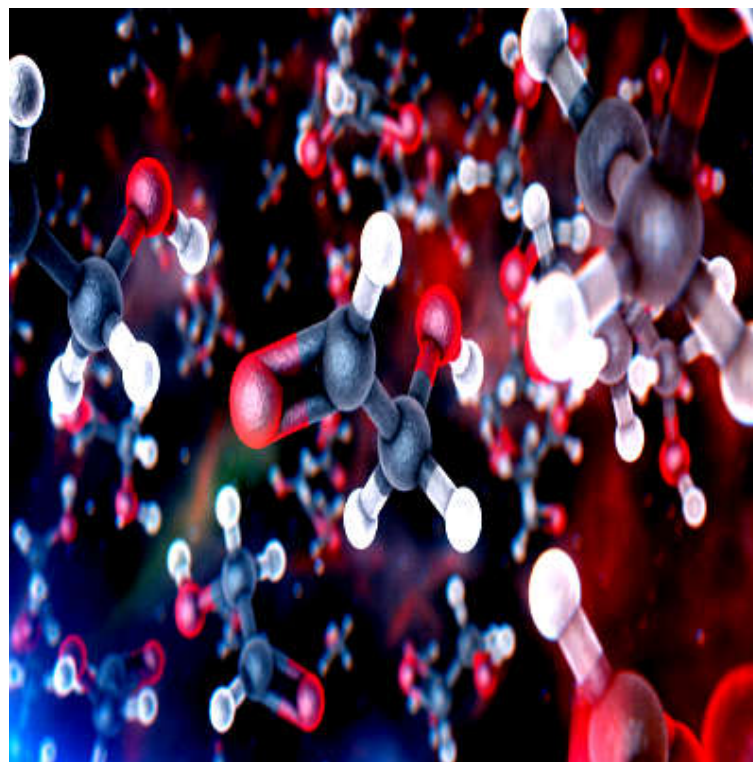
- Es la unión de átomos que resulta de la atracción electrostática entre los iones de distinto signo. Eso se da cuando uno de los átomos capta los electrones del otro. La atracción electrostática entre los iones de carga opuesta causa que se unan y formen compuestos químicos simples. Se suele dar entre un no metal y un metal.
- Las sales suelen ser de este tipo de compuestos, que tienen poca dureza y fácilmente solubles en agua, donde se separan los iones.



Los enlaces químicos (4)

(El enlace covalente)

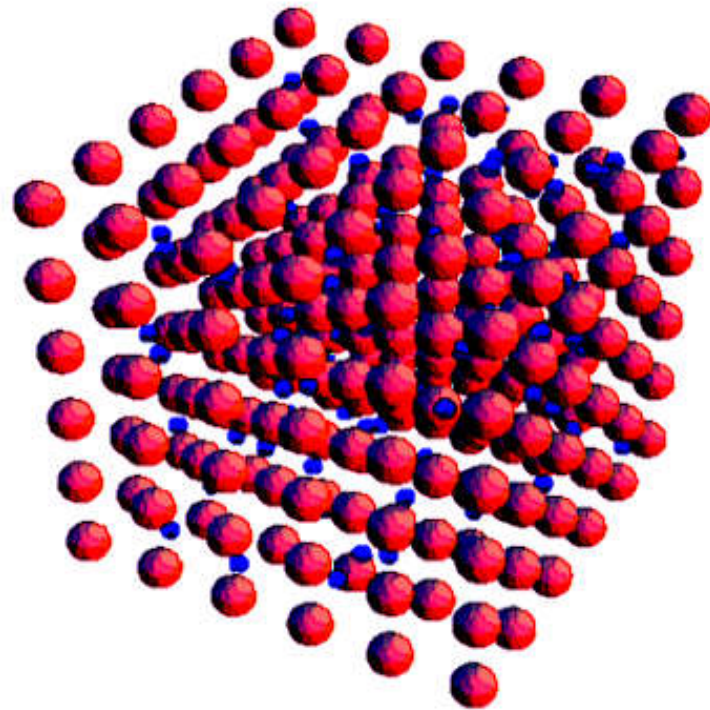
- En vez de una transferencia de electrones, los átomos comparten pares de electrones entre si, formando enlaces simples, dobles o Triples. Las moléculas formadas suelen ser muy estables.
- Este tipo de enlaces se da en elementos no metálicos y suele ser de dos tipos, los enlaces covalente moleculares (forman gases, líquidos y sólidos, son materiales blandos, aislantes y solubles) y los enlaces covalentes reticulares (son sólidos de gran dureza, aislantes e insolubles, ejemplo el diamante).



Los enlaces químicos (5)

(El enlace metálico)

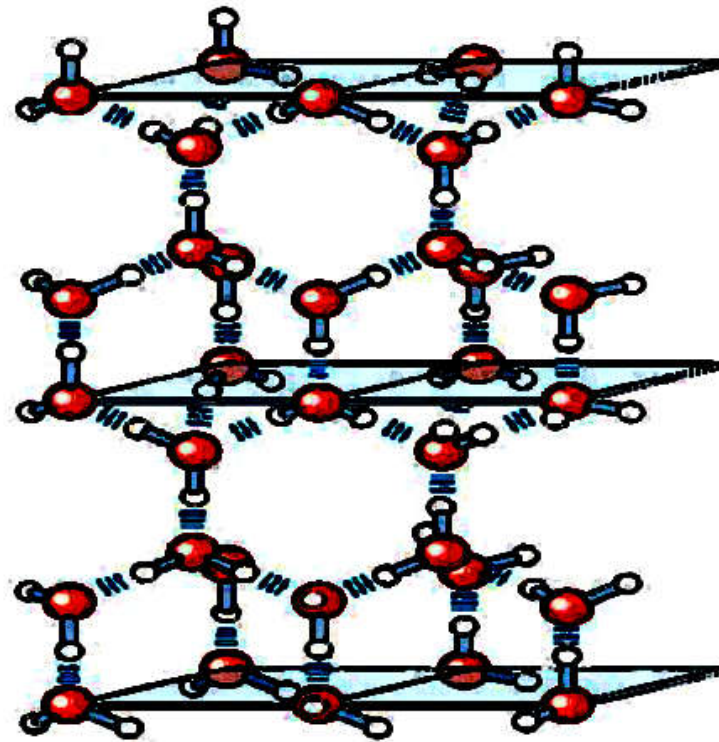
- Los elementos metálicos suelen perder electrones de su últimas capas con facilidad; estos electrones libres se mueven entre los iones formados, la nube de electrones mantiene la estructura completa compacta y eléctricamente neutra, y confiere a los metales sus propiedades de conductividad eléctrica y térmica, maleabilidad, ductilidad, puntos altos de fusión, entre otras. Sólo se da en sólidos
- Imagínelo como un juego de pelota, donde muchos átomos (jugadores) comparten muchas pelotas (electrones).



Los enlaces químicos (6)

(El puente de Hidrogeno)

- Otro enlace de carácter electrostático es el llamado **puente de hidrogeno**; ocurre entre moléculas polares (como el agua) donde la parte positiva (el hidrogeno por lo general) de una molécula atrae a la negativa de otra.
- Este tipo de enlace se presenta mucho en compuestos orgánicos, la molécula de ADN mantiene a su doble espiral unida por este tipo de enlace químico.



Dipolo Eléctrico (1)

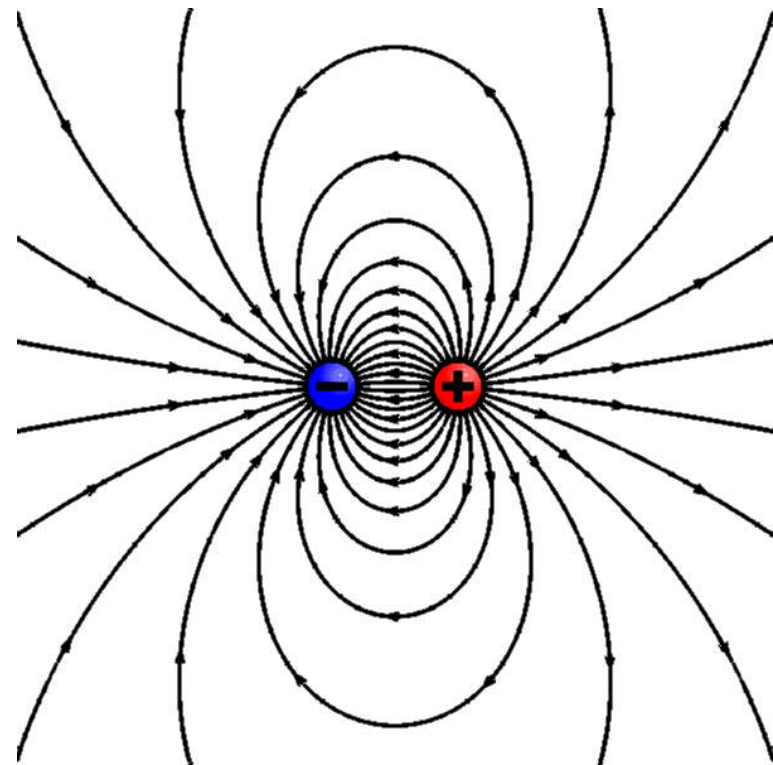
(Definición)

- Un **dipolo eléctrico** es un sistema de dos cargas de signo opuesto e igual magnitud cercanas entre sí.
- La medida del dipolo eléctrico viene dada por el tamaño de las cargas y la separación entre ellas, ello se conoce como **momento dipolar eléctrico**.

Momento dipolar eléctrico:

$$\vec{p} = q \cdot \vec{a}$$

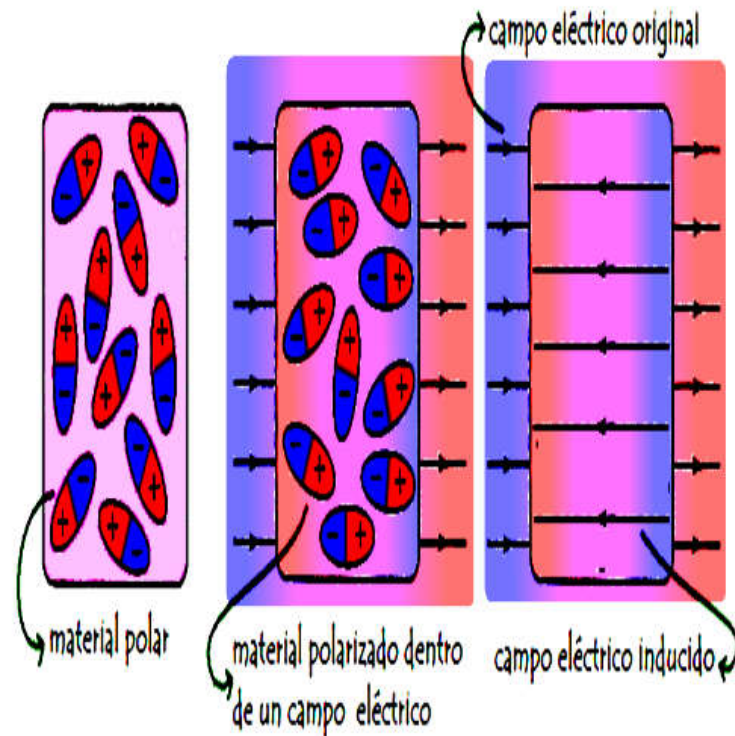
Siendo el vector 'a'
el vector que va desde la carga
Negativa a la Positiva



Dipolo Eléctrico (2)

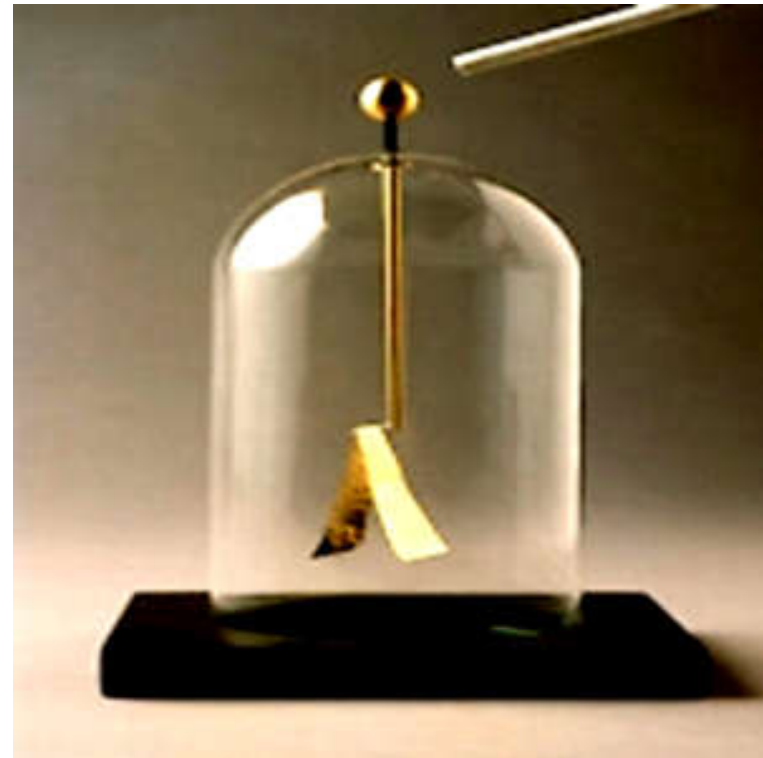
(Dipolos en materiales dieléctricos)

- Los **dipolos eléctricos** aparecen en materiales aislantes o dieléctricos; o en moléculas polares (como el agua). A diferencia de lo que ocurre en los materiales conductores, en los aislantes los electrones no son libres.
- Al aplicar un campo eléctrico a un dieléctrico o aislante éste se polariza dando lugar a que los dipolos eléctricos se reorienten (giren) en la dirección del campo disminuyendo la intensidad de éste, creando un campo eléctrico inducido contrario al original.



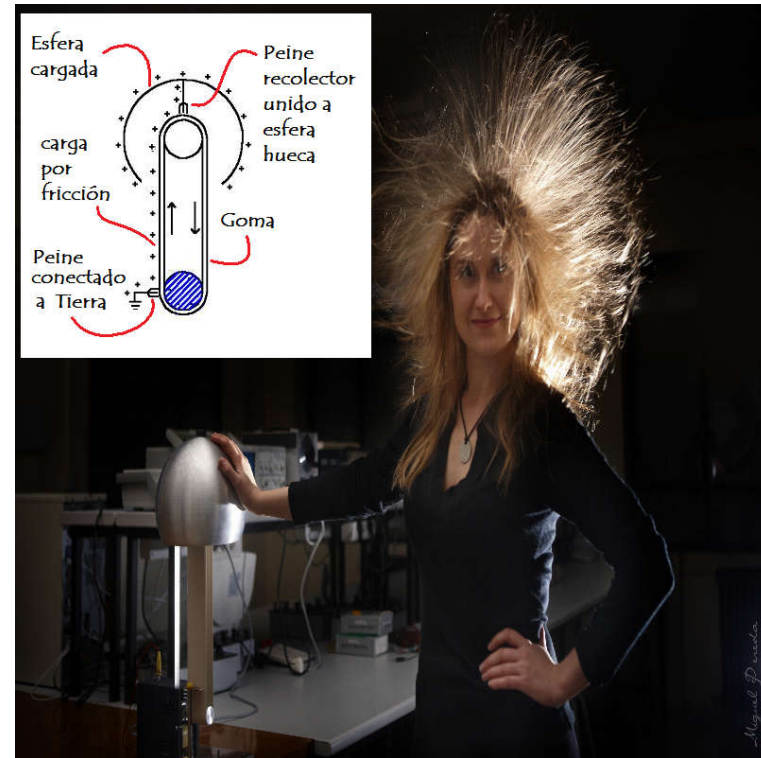
Electroscopio

- Es un primitivo dispositivo para medir cargas eléctricas, consiste de una bola metálica unida a un conductor que termina en dos laminas de metal (oro generalmente); el conductor y las laminas de metal están encerrados dentro de una botella de vidrio para evitar perturbaciones del aire.
- Cuando la bola está cargada, las laminas de metal se separan por repulsión eléctrica, el ángulo de las laminas indica la cantidad de carga presente.



Generador Electrostático

- El generador clásico, consiste en un cinturón aislante, motorizado, que transporta carga a un terminal hueco. Dentro del terminal, la carga es recolectada por un peine metálico que se aproxima al cinturón y la transfiere a la superficie exterior mediante contacto.
- Sus orígenes se remontan al siglo XIX, pero el más conocido es el generador de **Van Der Graff**, creado a principios del siglo XX



Condensador Eléctrico (1)

(Botella de Leyden (1))

- En 1746, **Pieter Van Musschenbroek**, que trabajaba en la Universidad de Leiden, efectuó un experimento para comprobar si un electroscoPIO lleno de agua podía 'conservar' cargas eléctricas. Durante la experiencia un asistente recibió una fuerte descarga al aproximar su mano a la varilla externa (la esfera cargada exterior en la botella).
- Un año más tarde el británico **William Watson** descubrió que aumentaba la descarga si envolvía la botella con una capa de estaño.



Condensador Eléctrico (2)

(Botella de Leyden (2))

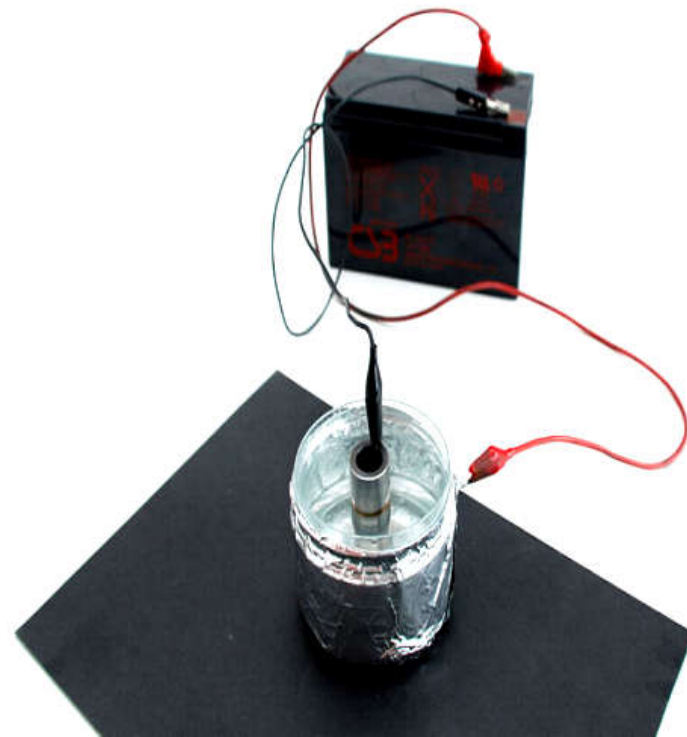
- Finalmente *Jean Antoine Nollet* reemplazó el líquido por hojas de estaño, quedando desde entonces esta configuración de la botella que se utiliza actualmente para experimentos.
- Las **botellas de Leyden** eran utilizadas en demostraciones públicas para mostrar el poder de la electricidad. En ellas se producían descargas eléctricas capaces de matar pequeños ratones y pájaros, entre otros animales.



Condensador Eléctrico (3)

(El condensador hoy)

- La **botella de Leyden** fue el primer **condensador** (o *capacitor* como dicen los ingleses). El **condensador** se trata de un dispositivo donde dos materiales conductores están separados entre si por un material no conductor (dieléctrico) o por el vacío.
- La cantidad de carga 'almacenada' entre las placas del condensador es proporcional a la diferencia de potencial entre las placas.
- La constante de proporción se conoce como **Capacitancia (C)** y se mide en Faradios ($1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$)



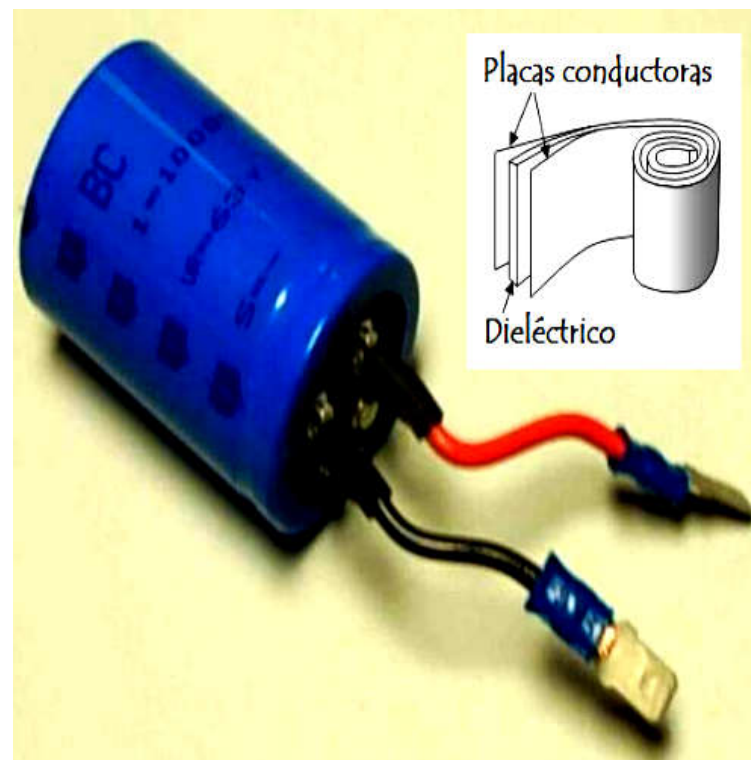
$$q_{\text{almacenada}} = C \cdot \Delta V$$

Condensador Eléctrico (4)

(La capacitancia del Condensador)

- La capacitancia es proporcional al área de las laminas e inversamente a la distancia que las separa. Si hay dieléctrico (aislante) entre las placas, se genera un campo eléctrico inducido en sentido contrario, lo que reduce la diferencia de potencial e incrementa la capacitancia en un factor llamado constante dieléctrica (κ)

$$C = \kappa \cdot \left[\frac{A \cdot \epsilon_0}{\Delta s} \right]$$



Condensador Eléctrico (4)

(La energía del Condensador)

- Pese a su nombre el condensador no es un dispositivo para almacenar (conservar) cargas, ya que la carga neta es cero; sino para almacenar energía eléctrica.
- La carga y descarga del condensador suele ser muy rápida y se usa en equipos que requieran esa velocidad, un ejemplo son los *Flash* de las cámaras fotográficas.



$$\text{Energía almacenada} = \Delta U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot [\Delta V]^2$$

La Pila Eléctrica (1)

(Galvani y las ranas)

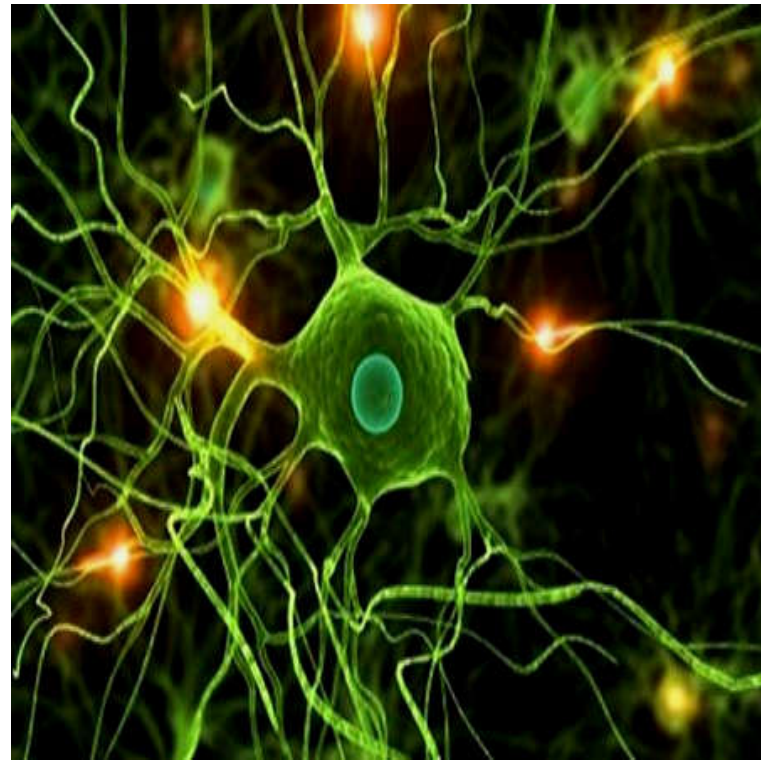
- En 1780, **Luigi Galvani** estaba diseccionando una rana, sujeta con un gancho de metal. Cuando tocó la pata de la rana con su bisturí de hierro, la pierna se encogió como si el animal aún estuviese vivo. **Galvani** pensó que la energía que había impulsado la contracción muscular observada provenía de la misma pierna, y la llamó “**bio-electricidad** o **electricidad animal**”.



La Pila Eléctrica (2)

(Galvani y el impulso nervioso)

- **Galvani** pensó correctamente que la electricidad biológica no era diferente de la producida por otros fenómenos naturales como el rayo o la fricción, y dedujo con acierto que el órgano encargado de generar la electricidad necesaria para hacer contraer la musculatura voluntaria era el cerebro.
- Demostró asimismo que los "cables" o "conectores" que el cerebro utilizaba para canalizar la energía hasta el músculo eran los nervios.



La Pila Eléctrica (3)

(Volta y la pila voltaica)

- **Alessandro Volta**, un amigo de **Galvani**, no estaba muy convencido de la bio-eléctricidad, creyendo que el fenómeno era causado realmente por el contacto entre dos metales diferentes unidos por una conexión húmeda.
- Entre 1791 a 1800 *Volta* verificó su idea creando la **pila voltaica**, que consiste de pares de discos de metales distintos (cobre y zinc) apilados uno encima del otro (de ahí el nombre de pila), separados por una capa de tela impregnada en salmuera (este era el electrolito necesario para la reacción química).



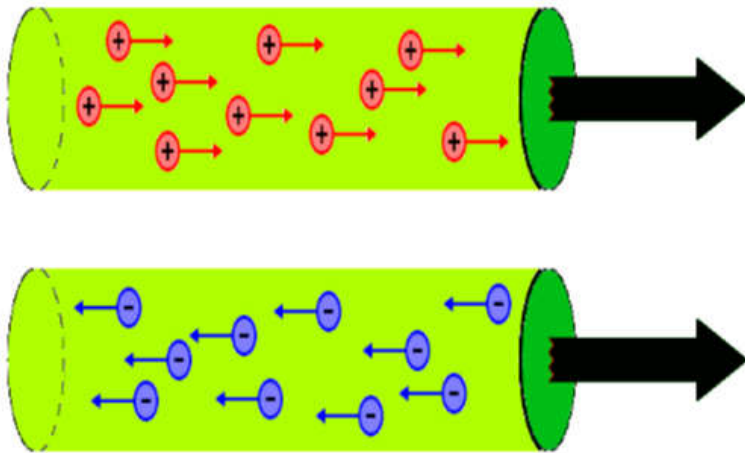
La Pila Eléctrica (4)

(Importancia de las pilas en la electricidad)

- A diferencia de la **botella de Leyden**, las pilas producen una corriente continua y estable, y pierden poca carga con el tiempo cuando no se las utiliza, aunque no pueden producir un gran potencial eléctrico para producir chispas.
- **Volta** nunca entendió el por que los metales de sus pilas sufrían de un proceso de corrosión y de oxidación; pero es eso justamente eso lo que transforma la energía química en eléctrica, uno de los metales se reduce (suelta electrones), mientras que el otro se oxida (los acepta).



La Corriente Eléctrica

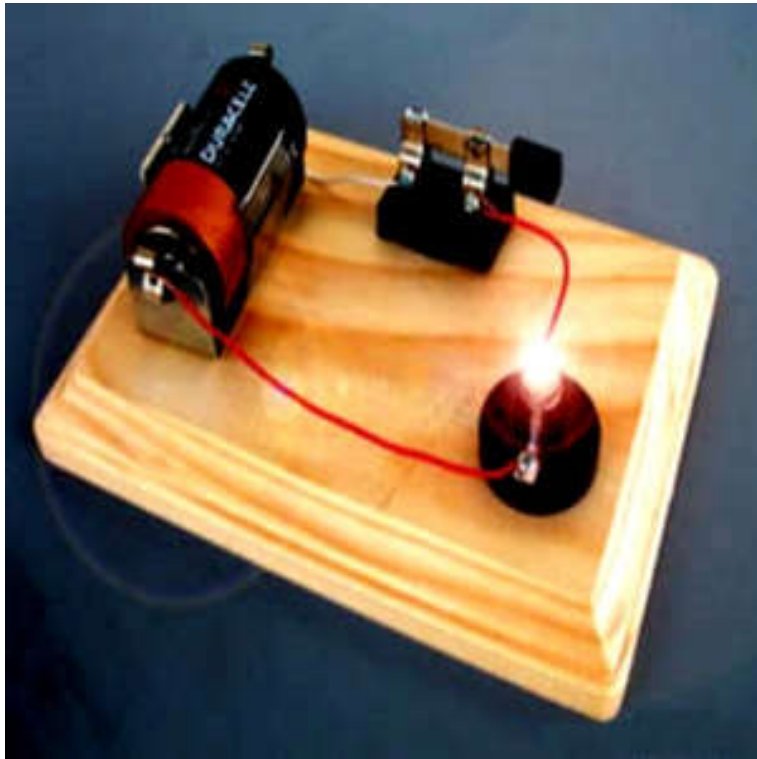


Por convenio los iones positivos se mueven en la dirección de la corriente, mientras que los iones negativos y los electrones fluyen en sentido contrario

- De forma natural las cargas se mueven dentro de un material conductor, si el mismo se encuentra sometido a una diferencia de potencial.
- La corriente eléctrica (i) mide la cantidad de cargas que circulan por una sección del conductor en un intervalo de tiempo. Se mide en Amperios ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/seg}$)

$$\text{Corriente eléctrica: } i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Ley de Ohm



- La intensidad de corriente eléctrica (i) que circula por un circuito dado es directamente proporcional a la tensión aplicada (diferencia de potencial ΔV) e inversamente proporcional a la resistencia (R) del mismo.
- La resistencia eléctrica se mide en Ohmios ($1\Omega=1V/A$)

$$i = \frac{\Delta V}{R} \Leftrightarrow \Delta V = i \cdot R$$

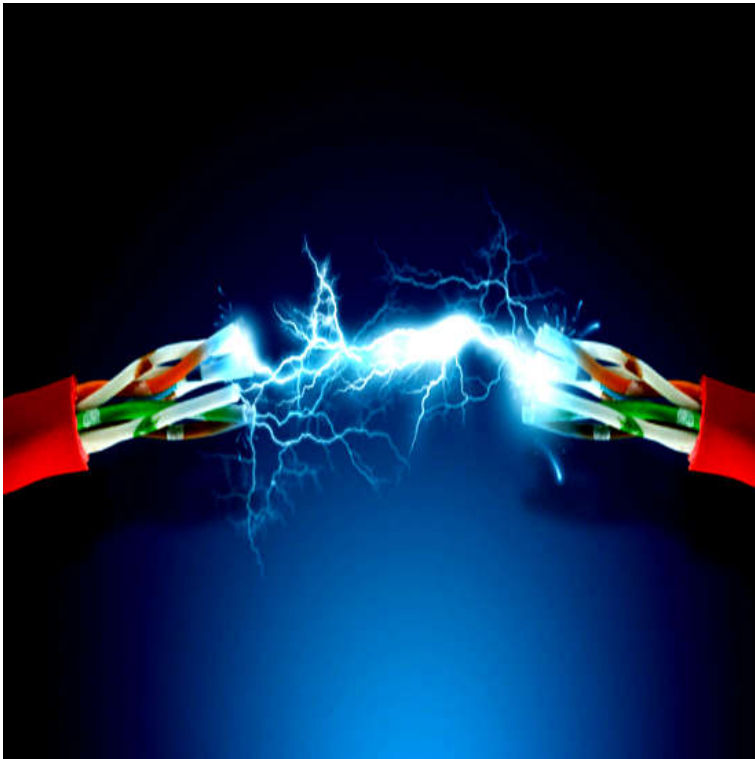
Resistencia Eléctrica



- La resistencia eléctrica (**R**) es una medida de lo que les cuesta a las cargas moverse por un material; es proporcional a la longitud (Δs) del conductor e inversamente proporcional al área transversal (**A**) del mismo; el coeficiente de proporcionalidad es propio de cada material y se conoce como *resistividad* (ρ)

$$R = \rho \cdot \frac{\Delta s}{A}$$

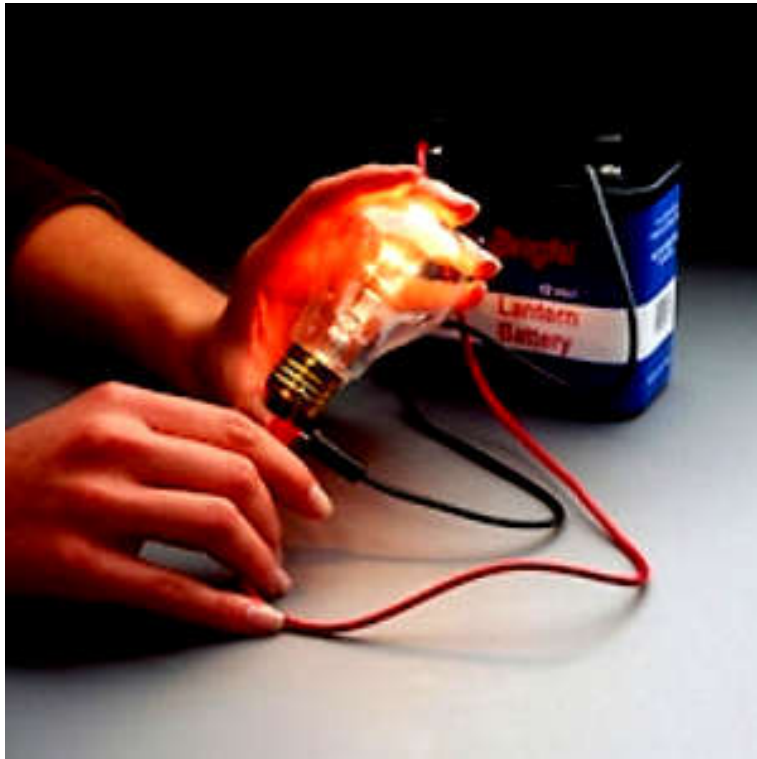
Densidad de Corriente



- En un volumen (**Vol**) de un material conductor hay un número (**n**) definido de cargas individuales (**q_i**); cuando esas todas esas cargas se mueven (**Δq=n·q_i**) lo hacen a una velocidad promedio (**v_{prom}**); se define como **densidad de corriente (J)** al producto de la densidad de cargas por la velocidad promedio; y es igual a la corriente que pasa entre el área que esta siendo atravesada por las cargas.

$$J = \left[\frac{n \cdot q_i}{Vol} \right] \cdot [v_{prom}] = \frac{\Delta q \cdot \Delta s}{Vol \cdot \Delta t} = \frac{i}{Area}$$

Efecto Joule



$$Pot = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta q \cdot \Delta V}{\Delta t} = i \cdot \Delta V = i^2 \cdot R$$

- Las pilas son como bombas para mover las cargas contra la resistencias, por ello realizan un trabajo (eléctrico) y por tanto se consumen en el tiempo.
- El trabajo entre tiempo define a la **potencia disipada** (es la energía consumida y transformada en calor y luz); y es proporcional a la corriente que circula y a la diferencia de potencial de la pila, ello se conoce como **Efecto Joule**.
- Recuerde que la potencia se mide en Watts o Vatios (W), no confundir con Voltios (V), que es medida de la energía por unidad de carga.

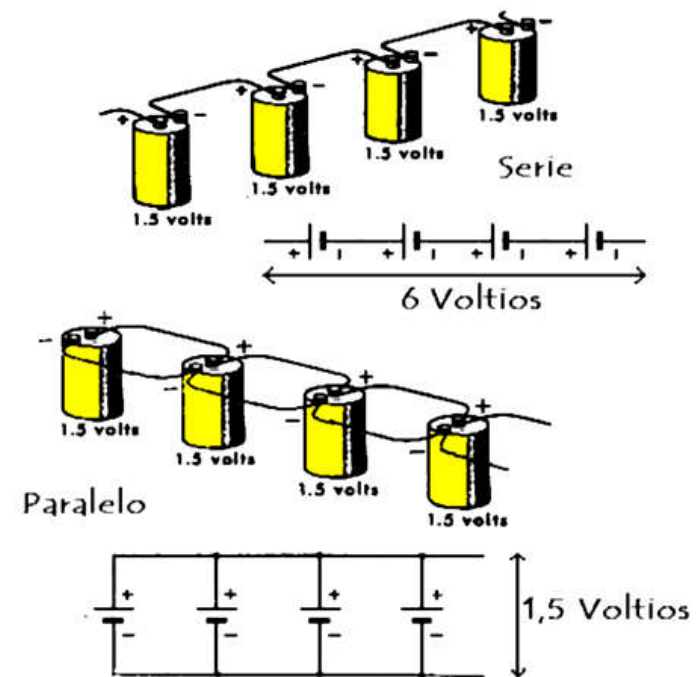
Pilas en serie y en paralelo

- Cuando en un circuito se tiene varias pilas en serie (una tras otra) el resultado es que se intensifica la diferencia de potencial y por tanto la corriente eléctrica generada.
- Cuando en un circuito se tienen varias pilas en paralelo, la magnitud de la corriente no se incrementa, sino la duración de las baterías.

Asumiendo pilas iguales debe ocurrir

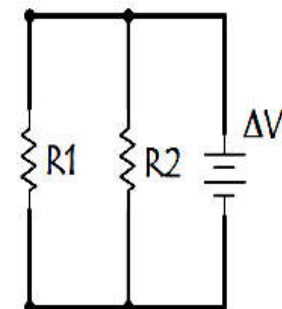
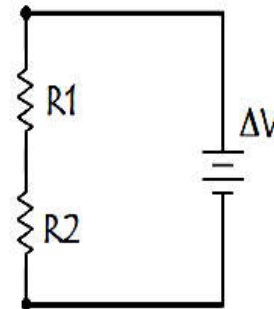
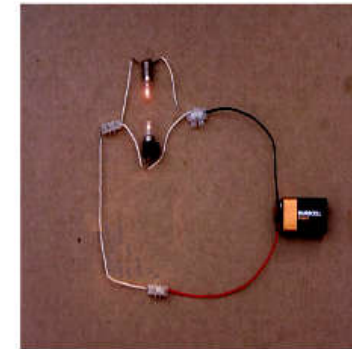
$$\Delta V_{serie} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \dots$$

$$\Delta V_{paralelo} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \dots$$



Resistencias en serie y en paralelo

- Cuando en un circuito se tiene varias resistencias en serie (una tras otra) el resultado es que la resistencia total se incrementa a razón de la suma de las resistencias presentes.
- Cuando en un circuito se tienen varias resistencias en paralelo, el inverso de la resistencia equivalente es igual a la suma de los inversos de las resistencias presentes.



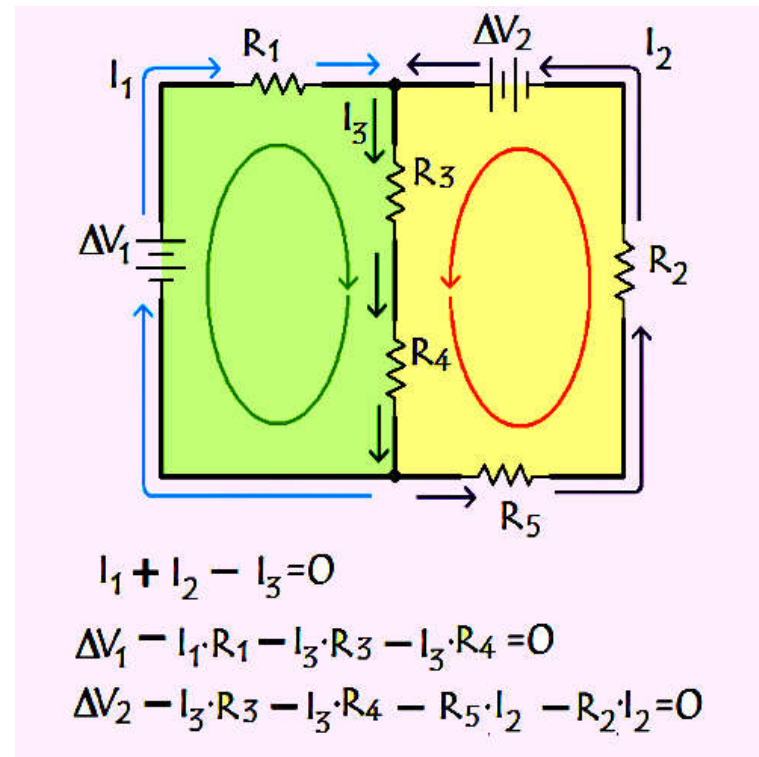
$$R_{serie} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$
$$\frac{1}{R_{paralelo}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Leyes de Kirchhoff

- En cualquier nodo (punto de un conductor), la suma de las corrientes que entran (+) en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen (-).

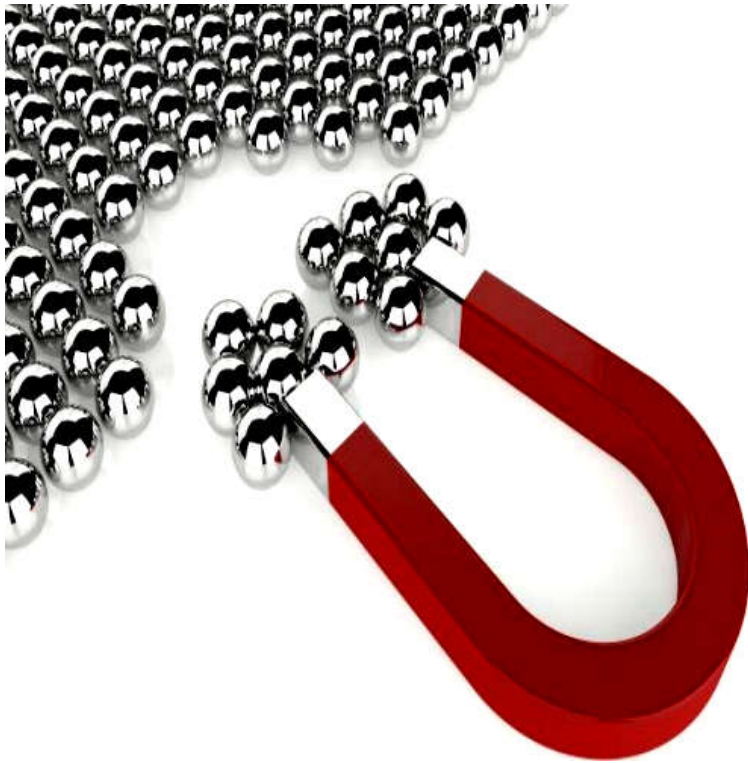
$$\sum i_j = i_1 + i_2 + i_3 + \dots = 0$$

- En un lazo cerrado, la suma de todas las caídas de tensión ($I \cdot R$) es igual a la tensión total suministrada (ΔV).



$$\sum \Delta V_i = \sum i \cdot R_i \Leftrightarrow [\Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots] = [i_1 \cdot R_1 + i_2 \cdot R_2 + \dots]$$

El magnetismo



- Es un fenómeno físico en que algunos objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros objetos.
- Los más conocidos materiales con propiedades magnéticas detectables son el níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones, y comúnmente se les llama *imanes*.
- Pese a ser más común de observar el fenómeno en los metales, lo cierto es que todos los materiales son influidos, de mayor o menor forma, por la presencia de campos magnéticos.

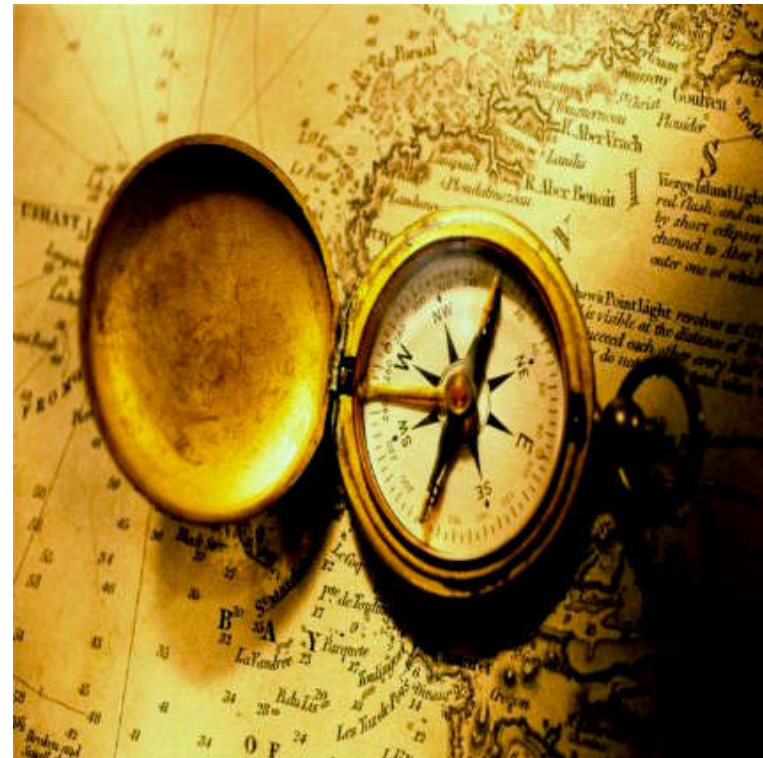
Historia del magnetismo (1)

- Los fenómenos magnéticos fueron conocidos por los antiguos griegos. Se sabía que ciertas piedras atraían el hierro, y que estos trocitos de hierro atraídos atraían a su vez a otros. Ello se observó por primera vez en la ciudad de Magnesia en Asia Menor, de ahí el término **magnetismo**.
- El primero que estudió el fenómeno del magnetismo fue **Tales de Mileto** (siglo VII a.C.); y en China hay referencia documentadas de este fenómeno en manuscritos del siglo IV a.C.



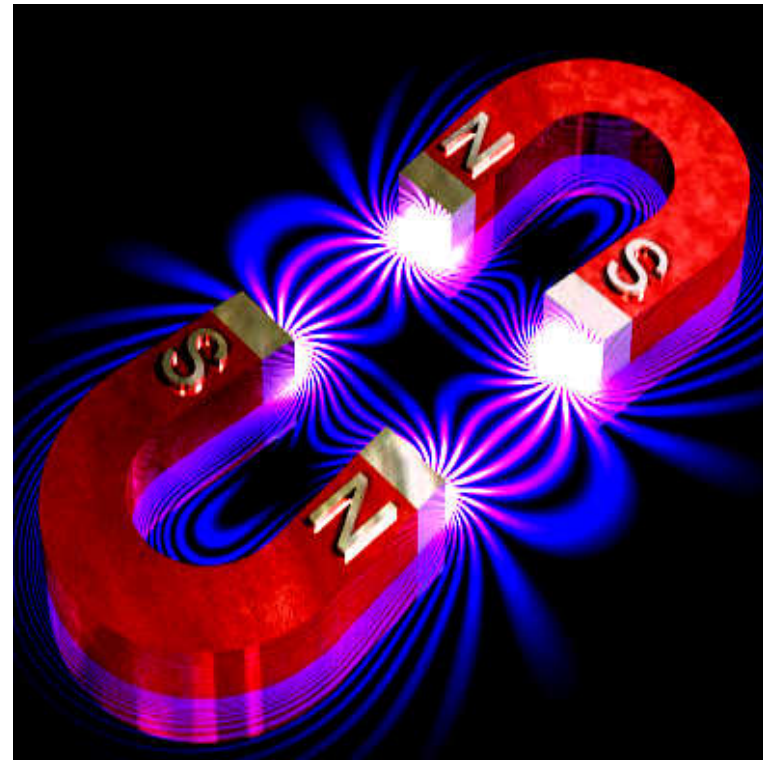
Historia del magnetismo (2)

- Para el siglo XI **Shen Kua**, en China, describió la brújula de aguja magnética; lo que mejoró la precisión en la navegación. Un siglo después **Alexander Neckham** fue el primer europeo en conseguir desarrollar esta técnica para navegar.
- **Peter Peregrinus de Maricourt**, fue un estudioso francés del siglo XIII que realizó experimentos sobre magnetismo y escribió el primer tratado existente para las propiedades de imanes y las brújulas.



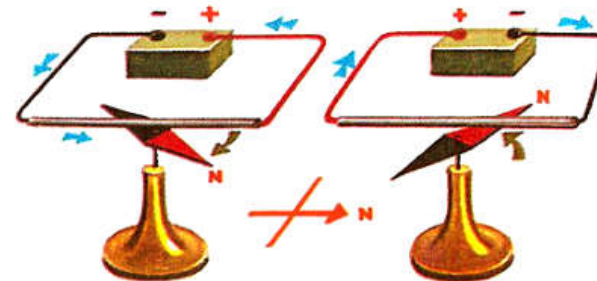
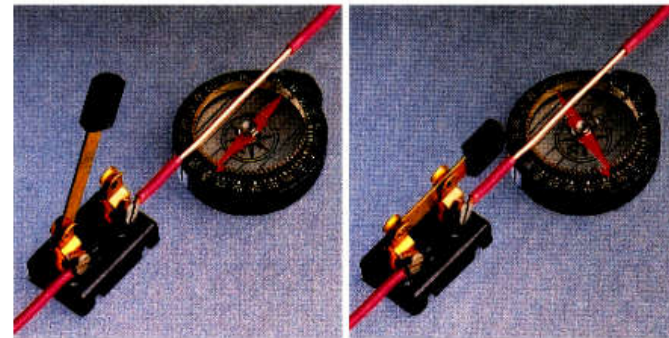
Historia del magnetismo (3)

- En el siglo XVII, **William Gilbert** realizó estudios sistemáticos acerca de las características de los imanes (fenómeno que separó del eléctrico).
- Observó que la máxima atracción ejercida por los imanes sobre trozos de hierro se realiza en dos zonas llamadas "**polos del imán**"; por su vinculación con la brújula y los polos terrestres.
- Al igual que con las cargas, polos iguales se repelen, y diferentes se atraen.

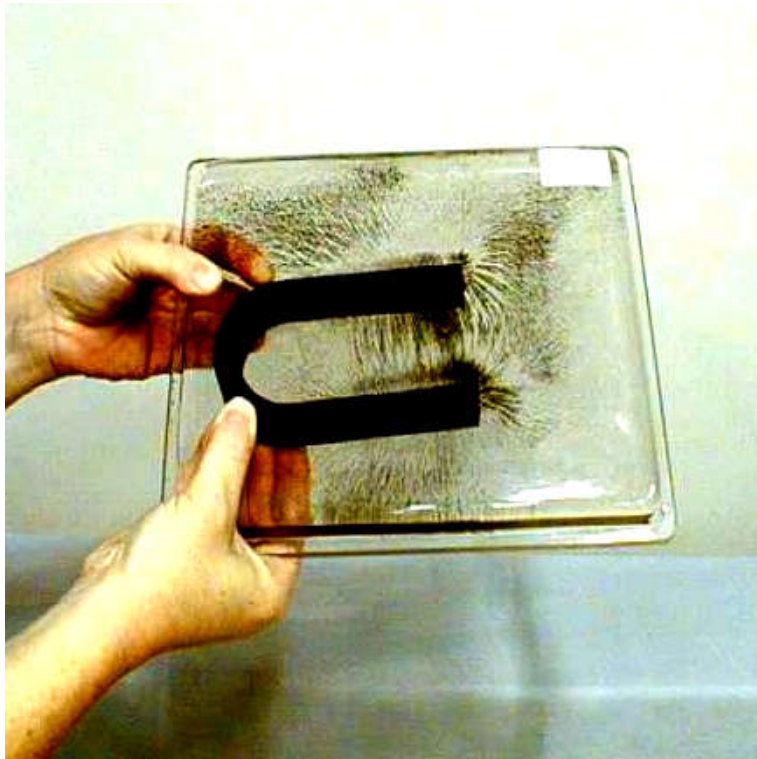


Historia del magnetismo (4)

- El conocimiento del magnetismo se mantuvo limitado a los imanes, hasta que en 1820, **Hans Christian Oersted**, descubrió que un hilo conductor sobre el que circulaba una corriente ejercía una perturbación magnética a su alrededor.
- Muchos otros experimentos siguieron con **Ampere**, **Gauss**, **Faraday** y otros que encontraron vínculos entre el magnetismo y la electricidad; finalmente **Maxwell** unificó el magnetismo y la electricidad en un solo campo, el electromagnetismo.



El Campo Magnético

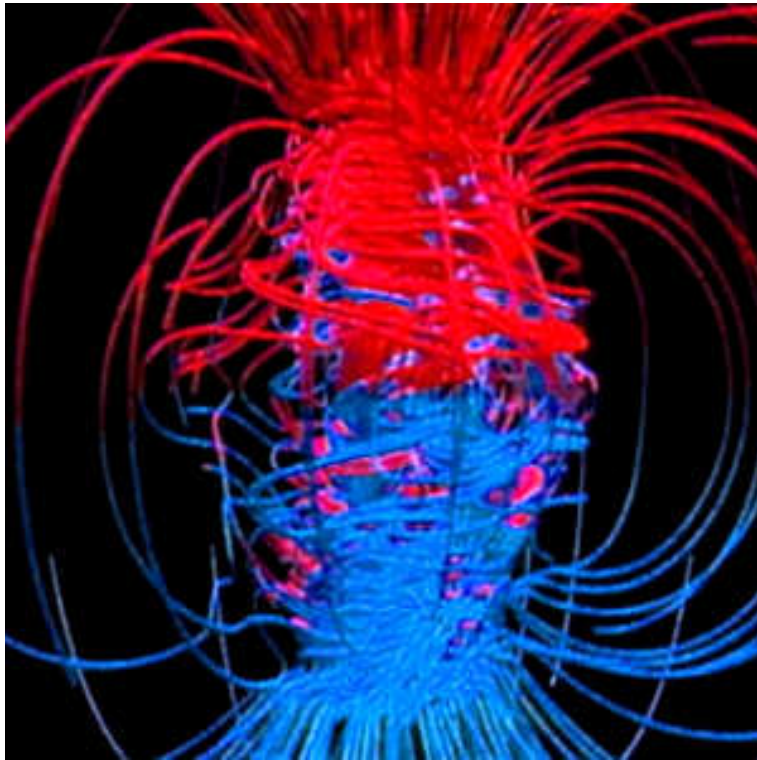


- A diferencia de los campos gravitatorios y eléctricos, el campo magnético (**B**) es fácilmente observable, basta con esparcir limaduras de hierro alrededor de un imán para observar formarse las líneas fuerza del campo magnético.
- El **flujo magnético** se mide por la cantidad de líneas de fuerza magnética que atraviesan una superficie.

$$\Delta\phi_B = \vec{B} \cdot \vec{\Delta A} = B \cdot \Delta A \cdot \cos(\theta)$$
$$\phi_B = \sum \Delta\phi_B$$

Ley de Gauss

(para el Campo Magnético)



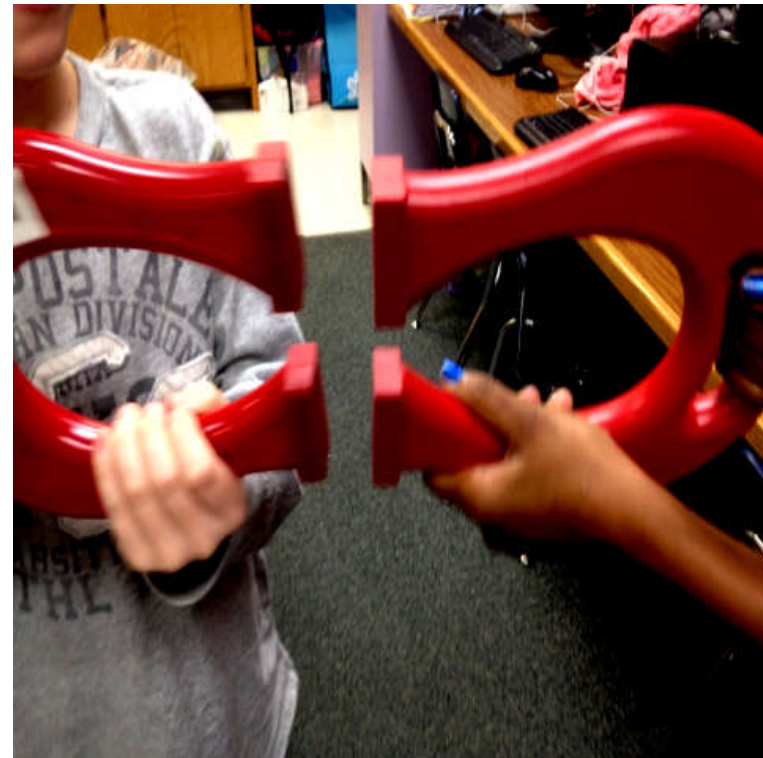
- Los polos de los imanes no se pueden separar, cuando un imán es cortado, aparecen dos imanes con sus respectivos polos magnéticos.
- Por ello el flujo magnético en una superficie cerrada es nulo, entran igual número de líneas que las que salen. Ello define la **Ley de Gauss para el campo magnético**.

$$\phi_b = \sum \vec{B} \cdot \Delta\vec{A} = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

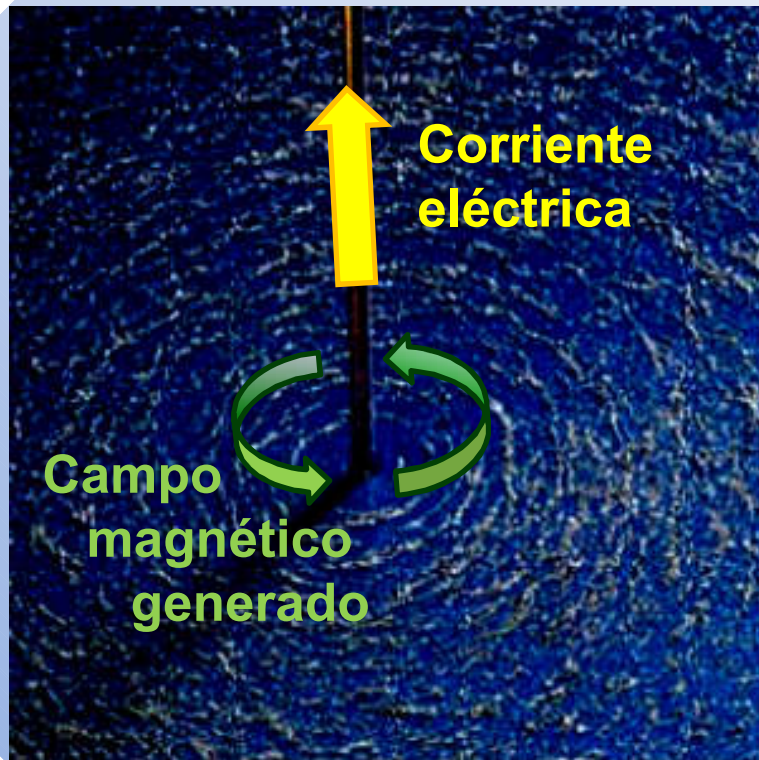
Fuerza magnética entre imanes

- La magnitud de la fuerza magnética entre imanes es proporcional a tamaño de la masa o carga magnética (q_b) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa (r)

$$F_{magnética} = K_{magnética} \cdot \frac{q_{b1} \cdot q_{b2}}{r^2}$$



ley de Ampere



$$B \cdot [2\pi \cdot r] = \oint \vec{B} \cdot d\vec{L} = \mu_0 \cdot i$$

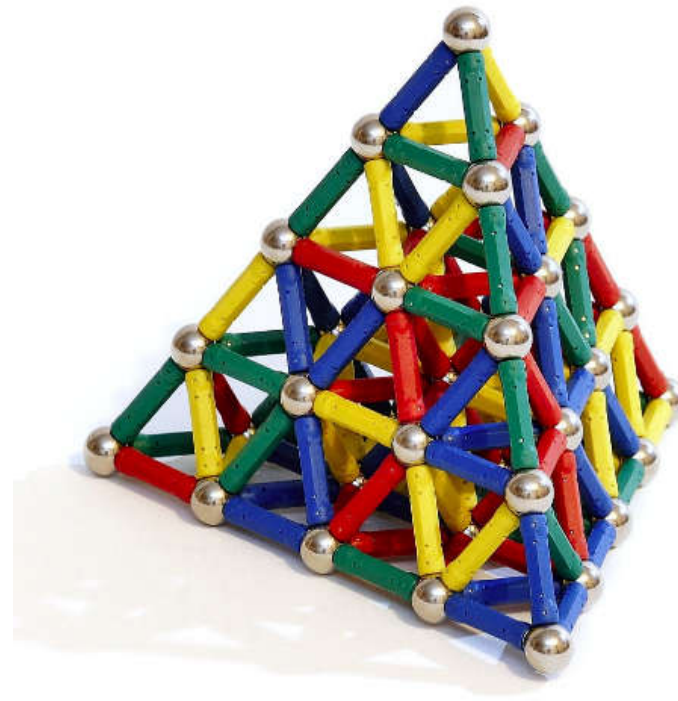
- Después de que *Oersted* descubrió que las corrientes eléctrica generaban campos magnéticos a su alrededor; **Andre-Mary Ampere** descubrió que cables conductores con corrientes magnéticas se atraían (o repelían) dependiendo de los sentidos de las corrientes.
La intensidad del campo magnético (**B**) pudo ser determinada en función de la corriente (**i**) que pasaba por el conductor, siendo proporcional a la misma, e inversa a la circulación alrededor de la corriente (**2π·r**).

La constante magnética

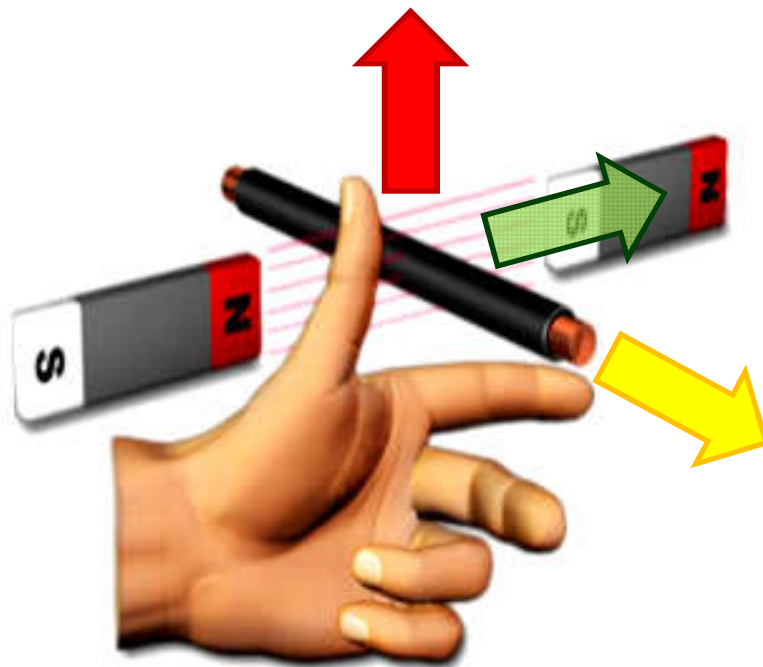
- Aunque en imanes la constante magnética no es tan 'constante' ya que depende de la naturaleza atómica del material y la temperatura, cuando se encontró la relación entre la electricidad y el magnetismo entonces pudo ser determinada una constante para las corrientes eléctricas y el magnetismo, siendo ' μ_0 ' la **constante de permeabilidad magnética** en el vacío.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

siendo : $T = \text{Tesla} =$ la unidad
del campo magnético



Fuerza de Lorentz



$$\vec{F}_{eb} = q \cdot \left[\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right]$$

- En cables conductores lineales rectos la magnitud y dirección de la fuerza magnética, era proporcional a la corriente que circula, la distancia del conductor atravesada por el campo, la magnitud del campo magnético y perpendicular a ambos en dirección.

$$\vec{F}_b = i \cdot \Delta L \times \vec{B} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

- El resultado final es que las fuerzas que actúan sobre las cargas eléctricas dependen de los campos eléctricos y magnéticos combinados, ello se conoce como **fuerza de Lorentz** (F_{eb}).

Campo magnético en bobinas

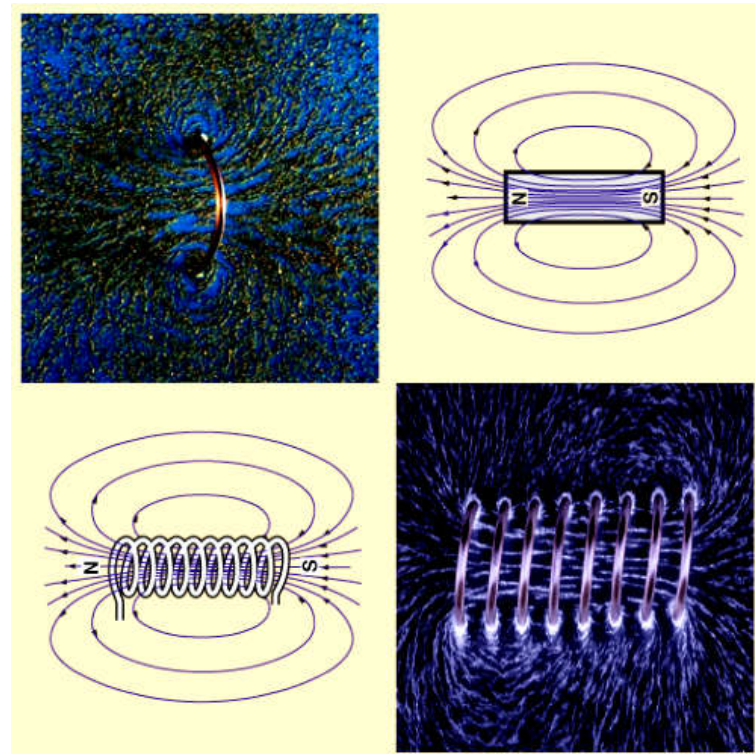
(Dipolo magnético)

- Cuando un cable conductor describe un anillo, el campo magnético se concentra en el interior del mismo, actuando como un imán (*dipolo magnético*); los electroimanes dependen de la corriente, el área del anillo (espira) y del número de anillos.
- Todos los motores eléctricos trabajan con electro imanes.

Momento dipolar magnético:

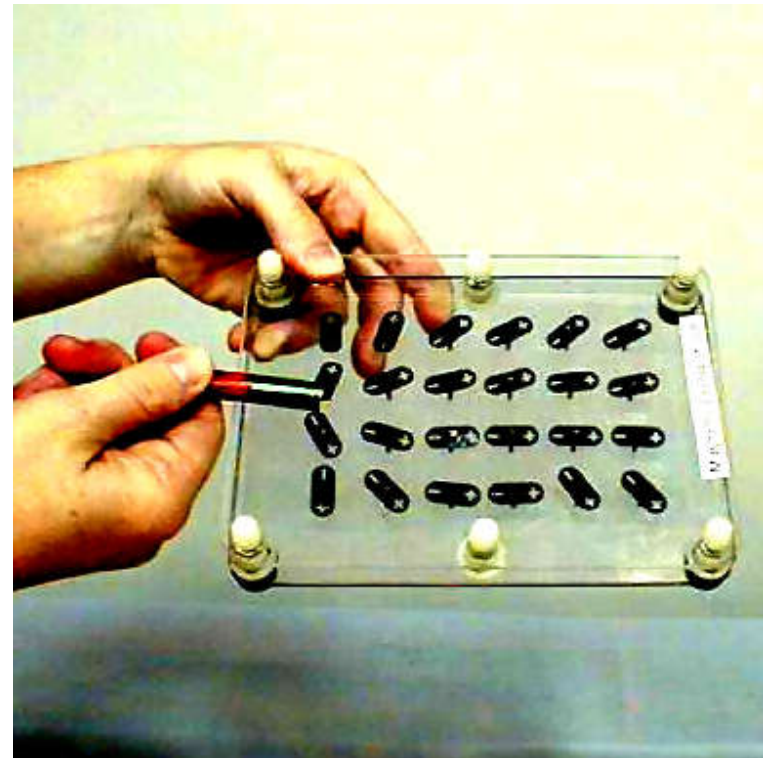
$$\vec{m} = q_b \cdot \vec{a} = N \cdot i \cdot \vec{A}$$

Siendo el vector 'N' el número de vueltas del solenoide o bobina, y 'A' el área transversal

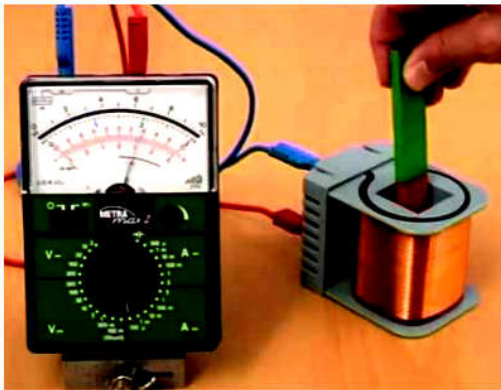
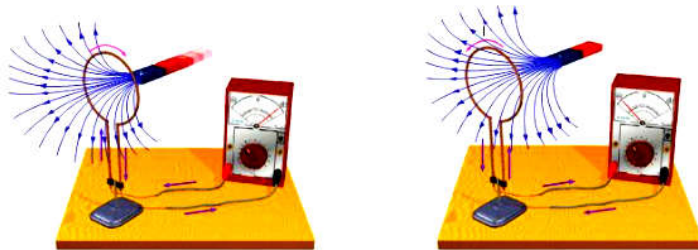


El origen de los imanes naturales

- Cuando los electrones giran alrededor del núcleo, y sobre si mismos (el spin) actúan como pequeñas bobinas. En principio el efecto neto se cancela entre todos los electrones que giran, pero en ciertos metales algunas de estas dirección son mayores que otras, el resultado acumulativo, el campo magnético de algunos unos átomos influye sobre sus vecinos, dando origen a los imanes naturales.
- Las regiones de influencias de grupos de átomos se llaman ***dominios***.



Ley de Faraday - Henry



$$\Delta V = \oint \vec{E} \cdot d\vec{L} = - \left[\frac{\Delta \phi_b}{\Delta t} \right]$$

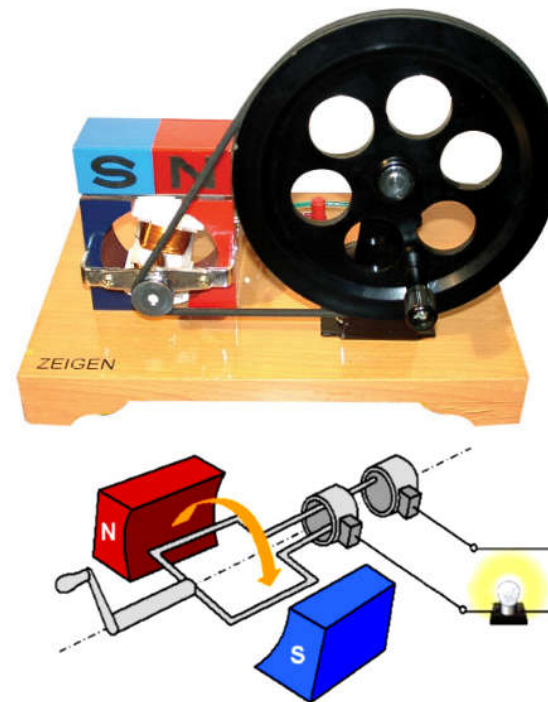
- A inicios del siglo XIX dos investigadores: **Michael Faraday** y **Joseph Henry** trataron de determinar si los campos magnéticos podían generar corrientes eléctricas.
- Sus estudios señalaban que en un anillo (o una bobina) se puede inducir una corriente eléctrica (diferencia de potencial) tal que esta genera un campo magnético que se opone a un flujo magnético variable cuando el imán (u otra bobina) interactúa con ella. Esto se conoce como **ley de inducción magnética**.

Corriente Alterna

- La **corriente alterna** es generada por un motor de inducción magnética. El primero fue desarrollado por *Nikola Tesla*.
- La corriente alterna es más eficiente con la transmisión de energía eléctrica; y con ayuda del transformador (dos bobinas unidas por un anillo de hierro), se puede alterar la frecuencia e intensidad de la corriente alterna fácilmente.

$$i = i_o \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

siendo : ω = velocidad angular
de rotación del sistema



Ley de Ampere - Maxwell

entre placas de un capacitor

$$\Delta V = E \cdot \Delta L = \frac{q}{C} = \left[\frac{\Delta L}{\epsilon_0 \cdot A} \right] \cdot q$$

cancelando ΔL y acomodando

$$q = \epsilon_0 \cdot E \cdot A = \epsilon_0 \cdot \phi_e$$

donde

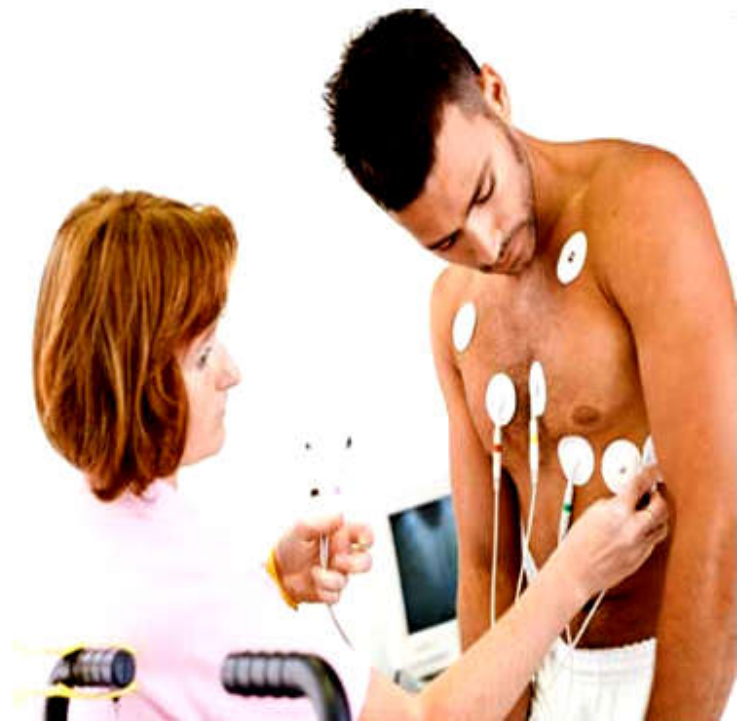
$$i_{inducida} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \epsilon_0 \cdot \frac{\Delta \phi_e}{\Delta t}$$

- Para fines del Siglo XIX, **James Clerk Maxwell**, complementaría la formula de *Ampere*, señalando que no solo las corrientes generan campos magnéticos; sino que los campos eléctricos variables también tienen esta propiedad.
- Sus resultados permitirían dar una primera explicación sobre la naturaleza de la energía radiante (la luz y la radiación).

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{L} = \mu_0 \cdot \left[i + \epsilon_0 \cdot \frac{\Delta \phi_e}{\Delta t} \right]$$

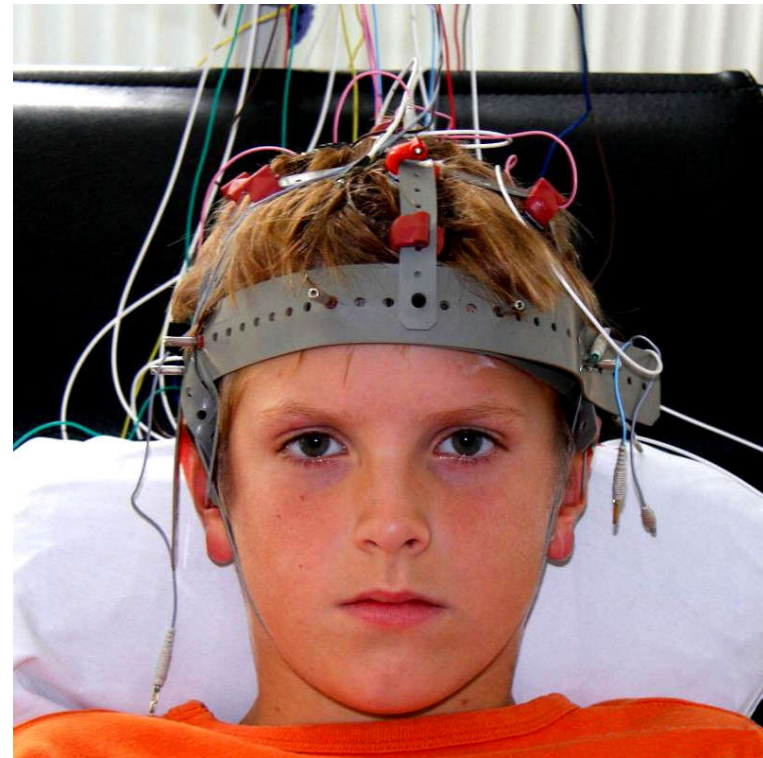
Bioelectromagnetismo

- El bioelectromagnetismo estudia los fenómenos eléctricos y magnéticos que se hallan en todos los organismos vivos; siendo sus principales ejemplos: (1) el transporte de iones a través de la membrana, (2) la transferencia de los impulsos nerviosos y (3) la contracción de las fibras musculares.
- Estudia también las influencias de los campos eléctricos y magnéticos externos, y los cambios físicos y de conducta que pueden provocar.



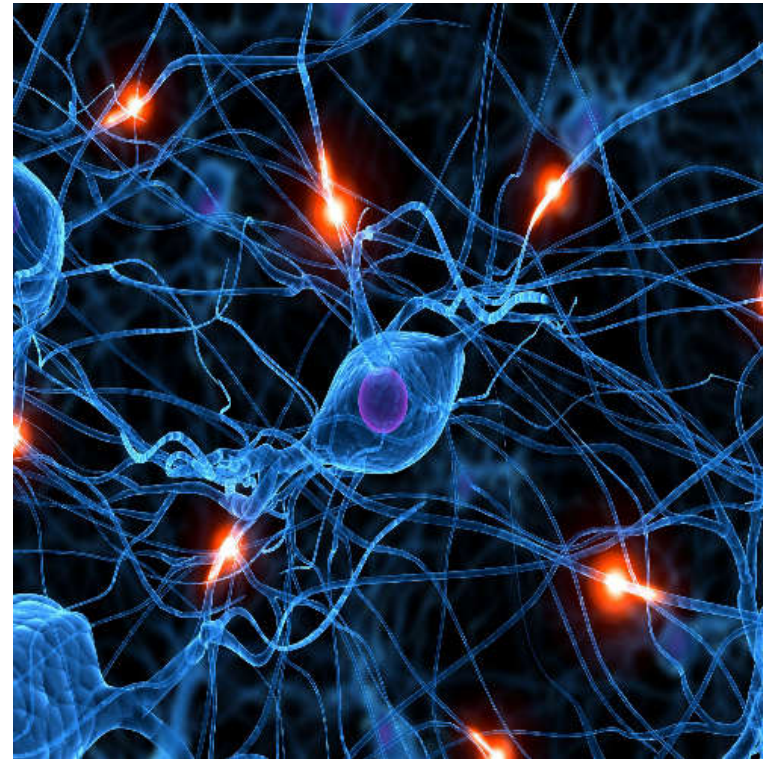
Dispositivos para medir corrientes en el cuerpo humano

- Galvani había señalado la existencia de la bioelectricidad, pero para su época no existían equipos para medir esas pequeñas diferencias de potencial que se daban entre las células. Hoy hay varios dispositivos para medir y estudiar estas corrientes, entre ellos tenemos a:
 - El **electrocardiógrafo**: que hace una representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón
 - El **electroencefalógrafo**: que recoge la actividad eléctrica del cerebro
 - El **electromiógrafo**: que registra la actividad eléctrica en músculos esqueléticos.



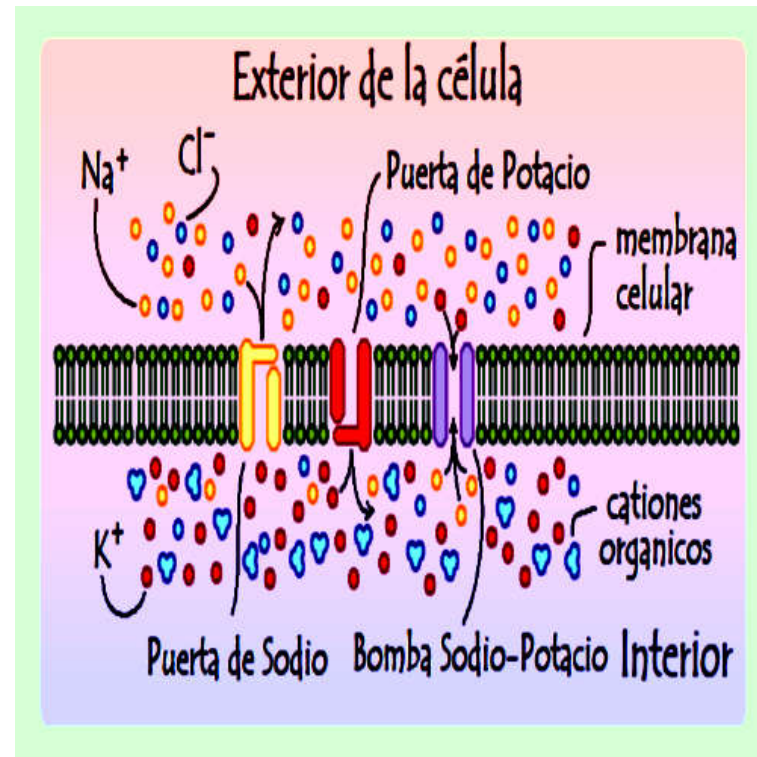
Electrofisiología

- Rama de la fisiología que estudia el flujo de iones en los tejidos biológicos; estos son los responsables de los procesos para almacenar energía metabólica, realizar trabajo, desencadenar cambios internos, o intercambiar señales.
- Las células biológicas usan los gradientes electrostáticos; existe una diferencia de potencial en la membrana celular entre la parte interna y externa de por lo general de -70 mV; provocada por la distribución de iones, Cloro y Sodio en el exterior, y Potasio en el interior.

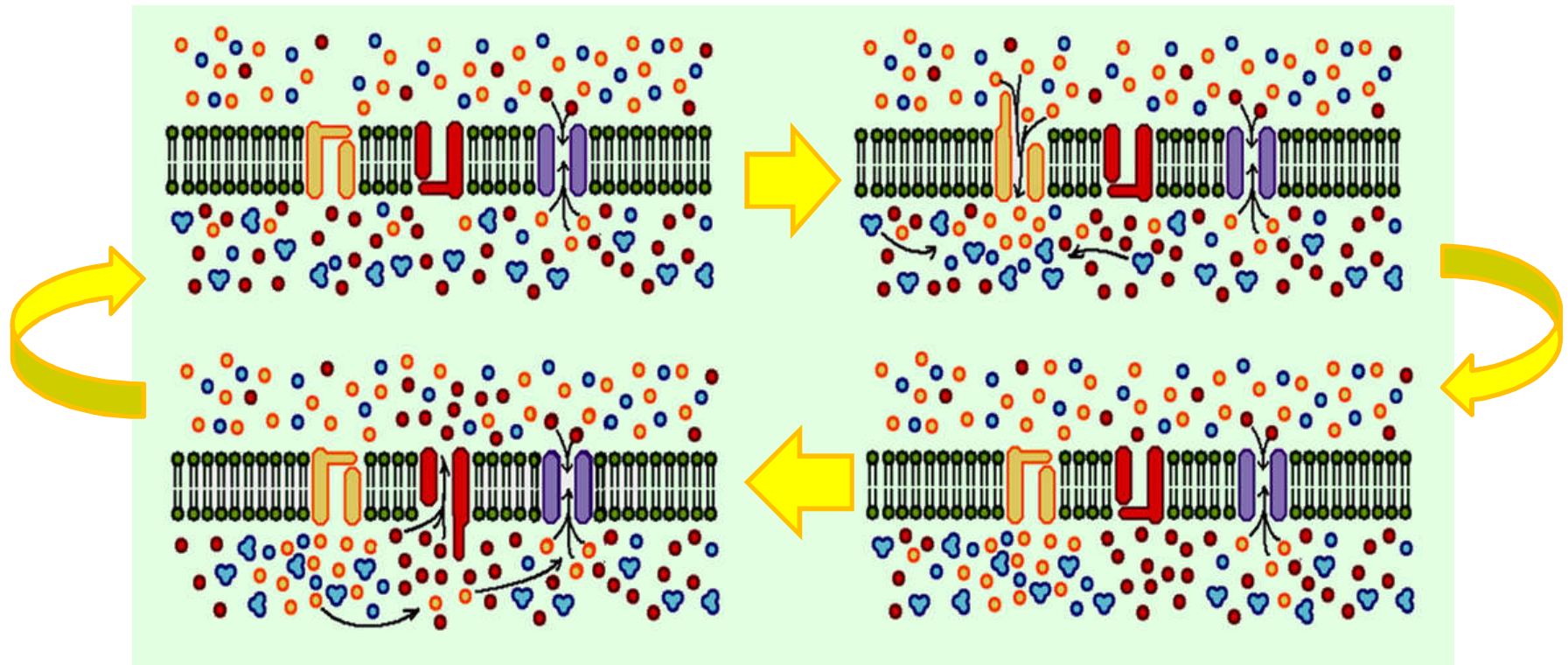


Potencial de Acción (1)

- Un **potencial de acción** es un cambio muy rápido en la polaridad de la membrana de negativo a positivo y vuelta a negativo, en un ciclo que dura unos milisegundos.
- Por lo general se inicia cuando la diferencia de potencial se reduce a -55 o 50 mV; en este punto entran iones sodio (volviendo positivo el interior), salen iones potasio para restablecer la diferencia de potencial, y finalmente interviene la bomba sodio potasio restaurando todo (sodios fuera, potasios dentro como al inicio).

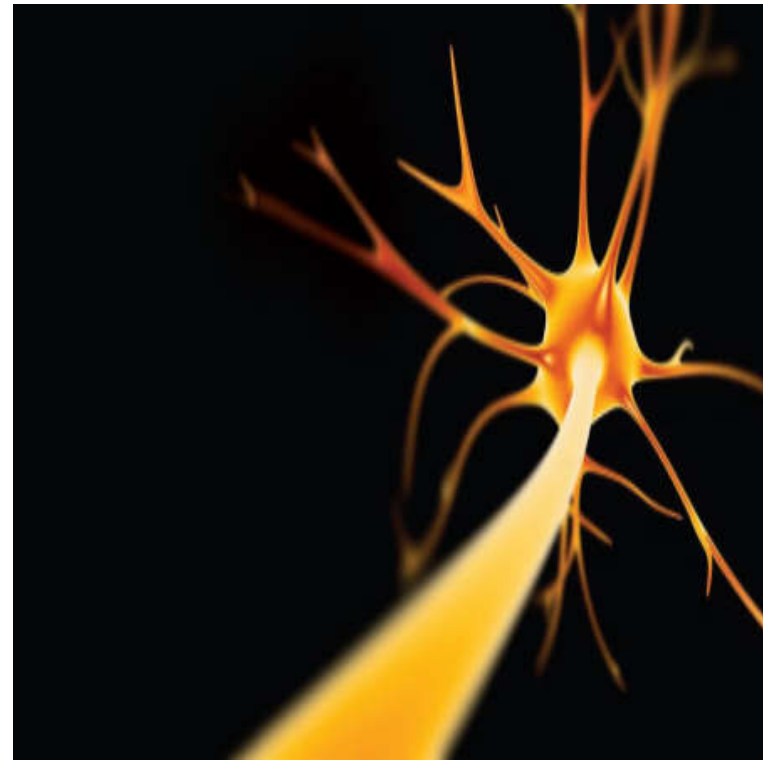


Potencial de Acción (2)



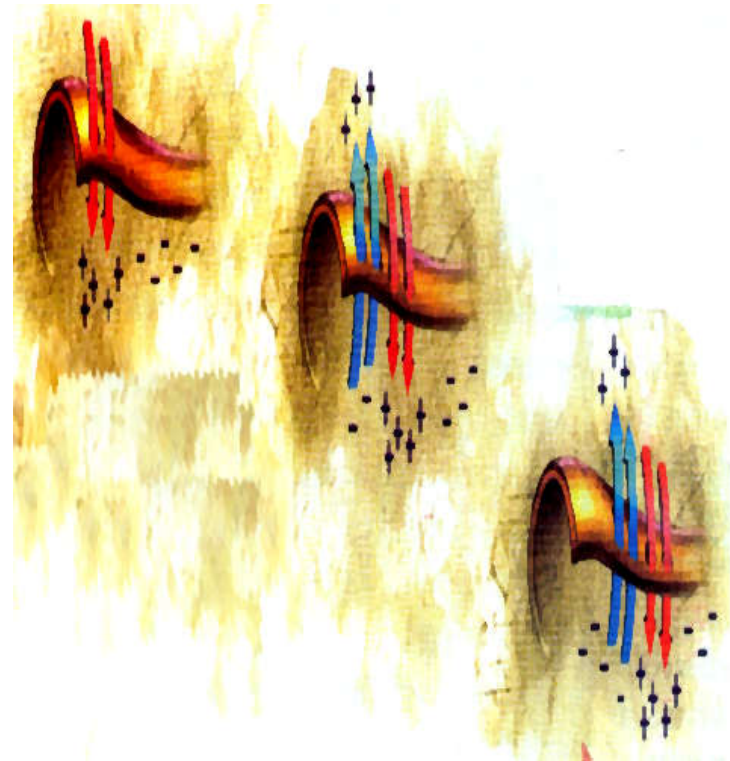
La Neurona

- Son un tipo de células del sistema nervioso cuya principal función es la excitabilidad eléctrica de su membrana plasmática; están especializadas en la recepción de estímulos y conducción del impulso nervioso, entre ellas o con otros tipos celulares, como las fibras musculares
- Su cuerpo celular (soma) tiene una o varias prolongaciones cortas denominadas dendritas; y una prolongación larga, el axón, que conduce los impulsos desde el soma hacia las dendritas de otras neuronas o hacia otras células.



La Neurona y el impulso nervioso

- Cuando la estimulación neuronal provoca un potencial de acción, esta despolarización genera otro potencial de acción más adelante, se abren las puertas y entran cargas positivas en el segundo, mientras en el primer punto salen; así el potencial de acción se desplaza por el axón hasta llegar a su punta. En el proceso cada parte afectada pronto recupera su potencial original para poder iniciar otro impulso.
- La velocidad del impulso nervioso en el axón es de unos 120 m/s.



La Neurona y la sinapsis

- Entre neuronas más que un proceso eléctrico prevalece un intercambio químico. Cuando el impulso nervioso del axón llega a su extremo provoca la liberación de diversos neurotransmisores, que son recibidos por receptores químicos especializados.
- Esto reduce la velocidad de respuesta del impulso nervioso, ya que los receptores deben liberar al neurotransmisor previo antes de recibir otro.

