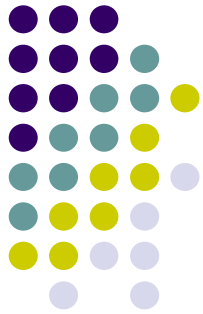


Parte 3: Electricidad y Magnetismo



Parte 3: Electricidad y Magnetismo

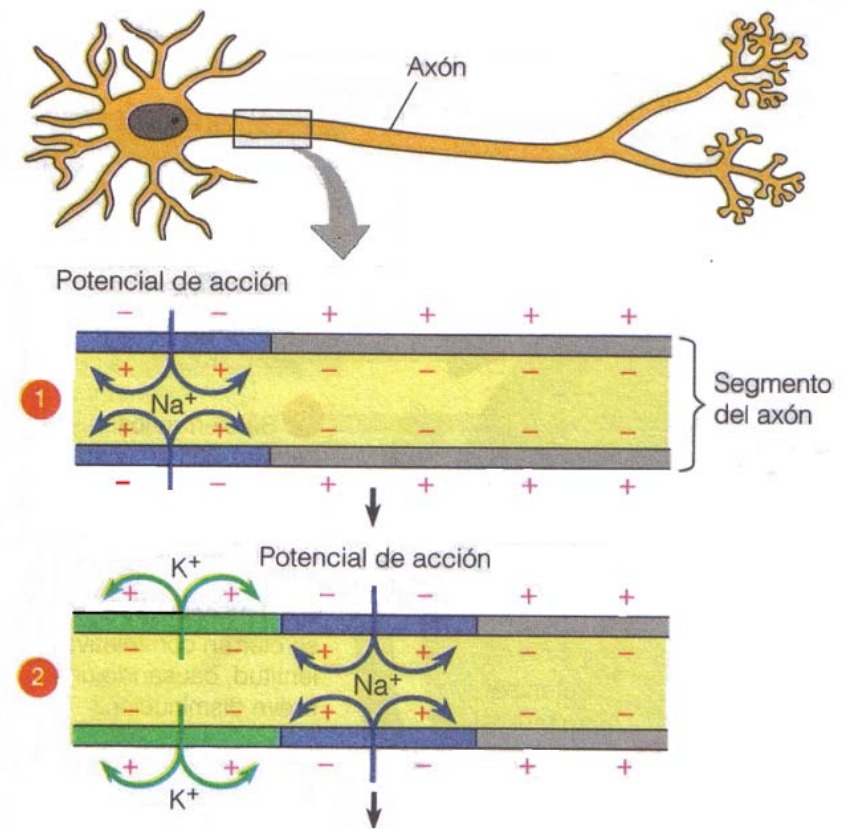
Los fenómenos ligados a la **electricidad** y al **magnetismo**, han sido observados y estudiados desde hace muchos siglos. No obstante ello, las leyes fundamentales que rigen estos fenómenos fueron descubiertas en el Siglo XIX.

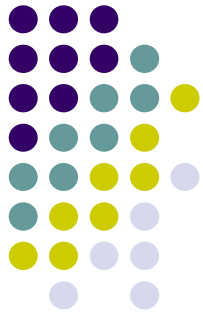
Existen muchas razones para estudiar, en este curso, las fuerzas eléctricas y magnéticas. Éstas forman parte de las denominadas **Fuerzas Fundamentales de la Naturaleza**

Son responsables de la existencia de átomos, moléculas y, consecuentemente, de las propiedades químicas y estructurales de la materia.

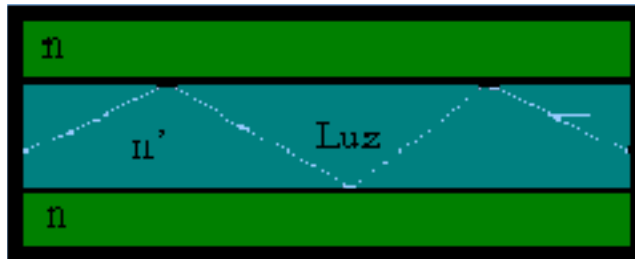
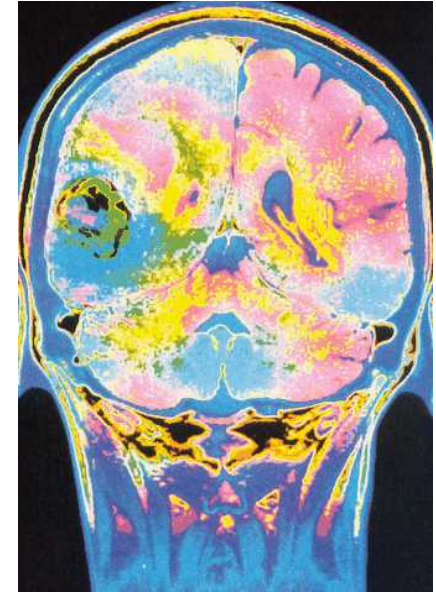
La **electricidad** y el **magnetismo** dan lugar a la **radiación electromagnética**, incluidas las ondas de radio, los rayos X y la luz visible.

Esta parte del programa está compuesta por tres bolillas. En la primera, estudiaremos fenómenos asociados con cargas eléctricas en reposo (**Electrostática**), en la segunda introduciremos el concepto de corriente eléctrica y teoría de **circuitos eléctricos**, finalmente en la última bolilla se estudia el **magnetismo** y se introducen los conceptos básicos del electromagnetismo.





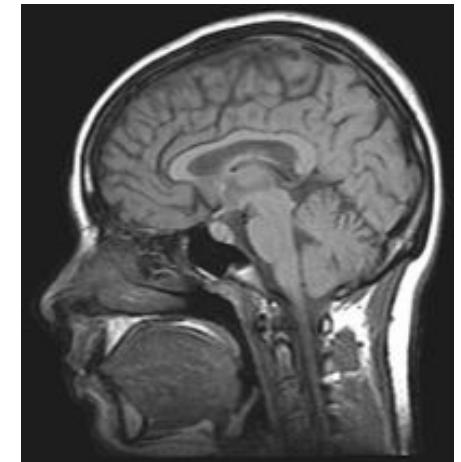
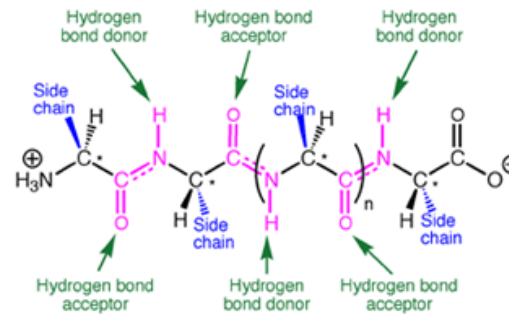
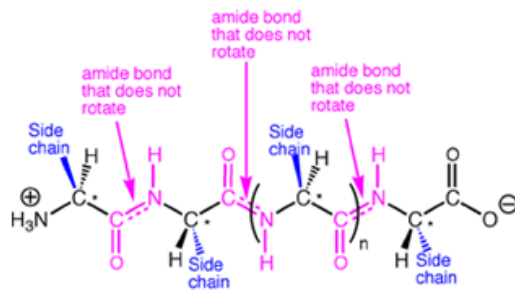
Fenómenos, propiedades y usos de la electricidad y el magnetismo

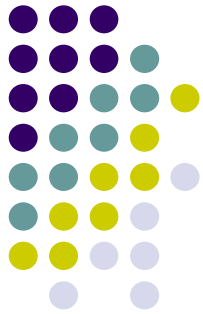


Sección Longitudinal



Sección Transversal



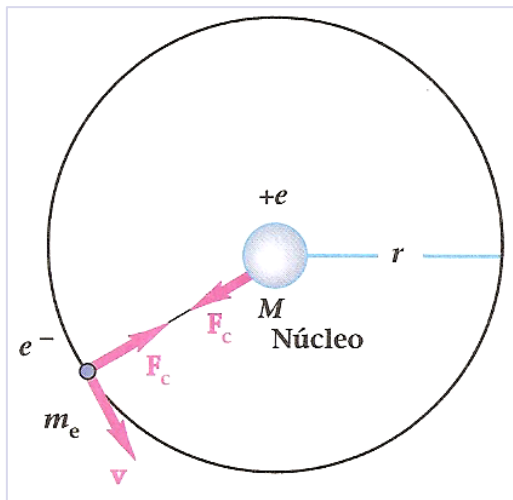


Bolilla 8: Electroestática

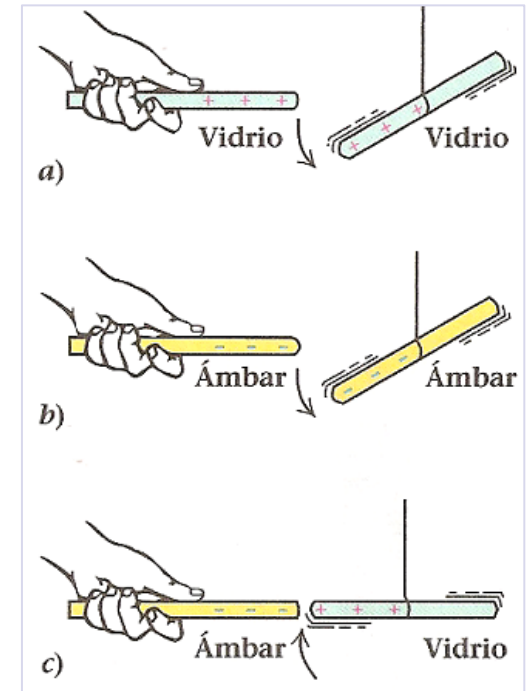
La **electrostática** es la parte de la física que estudia las cargas eléctricas en reposo.

Experiencias simples muestran que existen dos tipos de cargas eléctricas, según la convención propuesta por Franklin (siglo XVIII), **cargas positivas** y **cargas negativas**. Cargas de igual signo se repelen, y cargas de distinto signo se atraen.

La materia está compuesta por átomos. En un modelo simple, lo podemos suponer formado por un núcleo positivo y electrones (negativos) que giran a su alrededor (Modelo de Bohr). Estos son retenidos debido a la fuerza de atracción que los liga al núcleo.

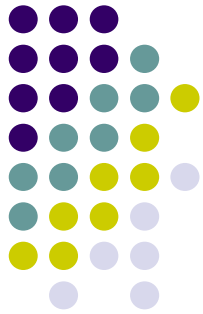


[animación: proton+electron](#)

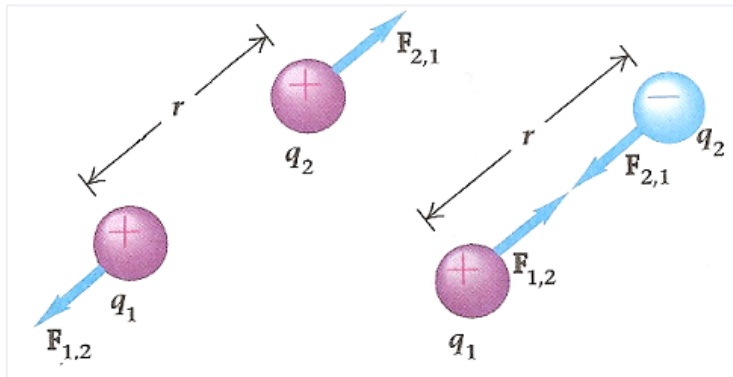


Dos propiedades fundamentales de las cargas eléctricas son las siguientes:

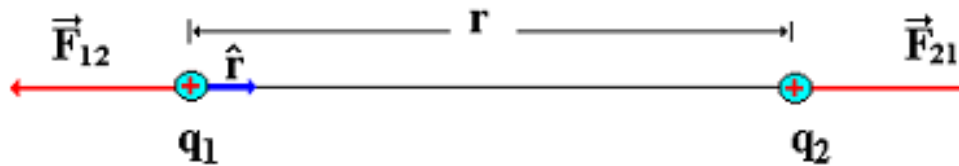
- ✓ La carga eléctrica está **cuantizada**, esto significa que cualquier valor de carga es un múltiplo de la carga fundamental (carga del electrón).
- ✓ La carga eléctrica se **conserva**. En cualquier proceso físico la carga eléctrica total permanece constante.



8.1 Fuerzas Eléctricas. Ley de Coulomb



Ley de Coulomb: la fuerza eléctrica entre dos cargas es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.



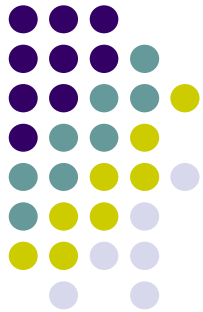
- Módulo:** $\rightarrow F_{21} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- Dirección:** \rightarrow recta por q_1, q_2
- Sentido:** \rightarrow cargas de igual signo se repelen,
cargas de distinto signo se atraen.
- Expresión vectorial:** $\rightarrow \vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

En el Sistema Internacional la unidad para la carga es el **Coulomb (C)** y la constante **K** es $9 \times 10^9 \text{ Nt m}^2 \text{ C}^{-2}$

Superposición

La fuerza resultante es la suma vectorial:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$$



8.2 El Campo Eléctrico

Campo eléctrico es la fuerza por unidad de carga que se ejerce sobre una carga q colocada en una región de espacio donde experimenta una fuerza eléctrica \vec{F}

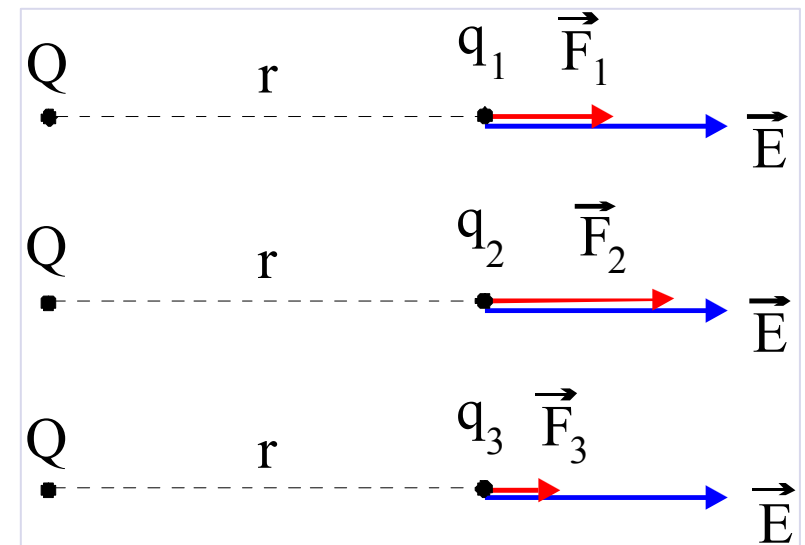
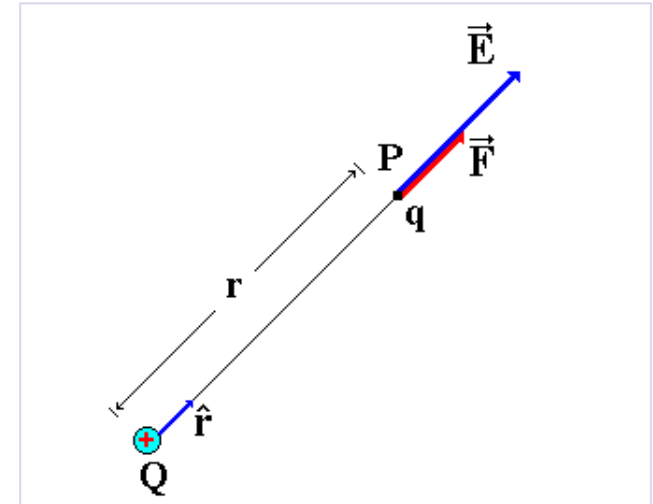
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

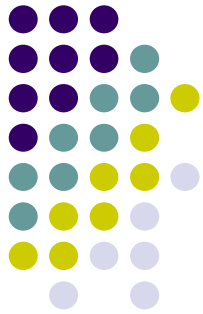
Si el campo eléctrico es generado por una carga Q , utilizando la Ley de Coulomb concluimos que a una distancia r de la carga, el campo eléctrico es:

$$\vec{E} = K \frac{Qq}{r^2 q} \hat{r} = K \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

Conocido el campo eléctrico en una punto, la fuerza eléctrica sobre una carga q colocada en este punto es:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

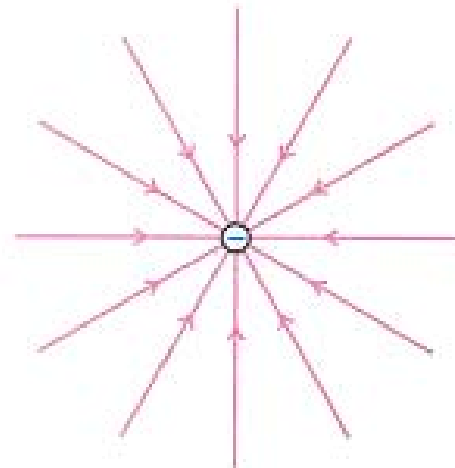
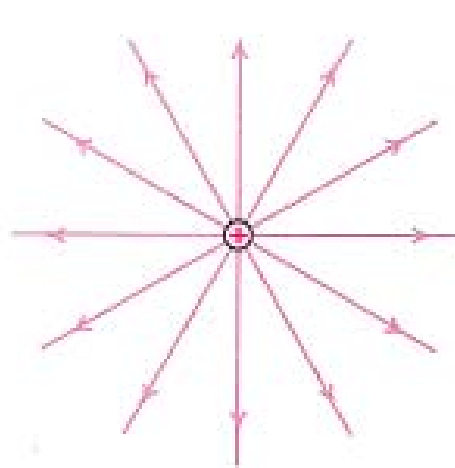
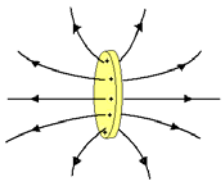
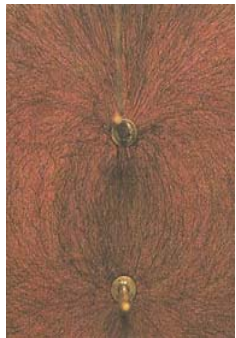
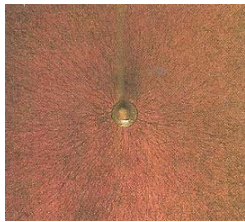
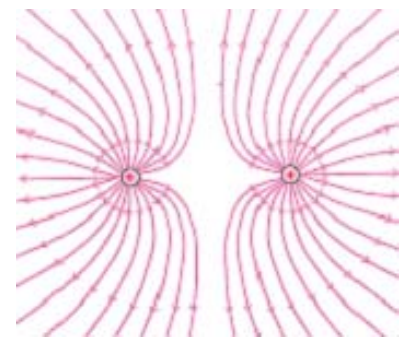
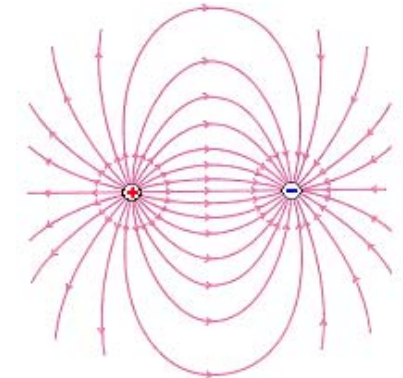
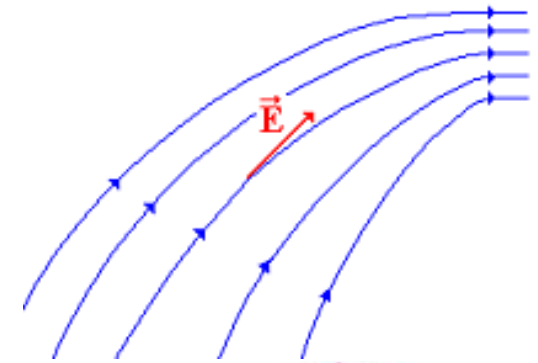


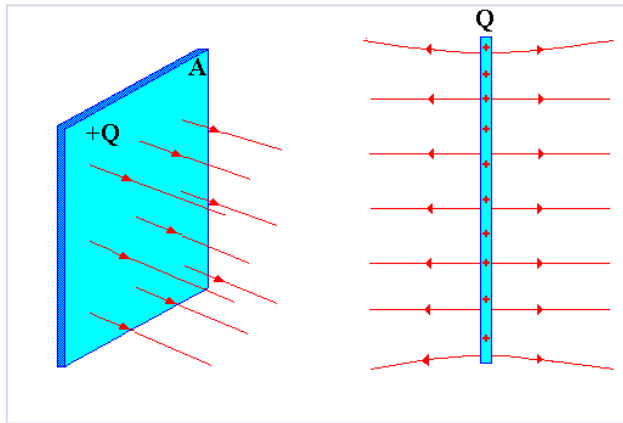
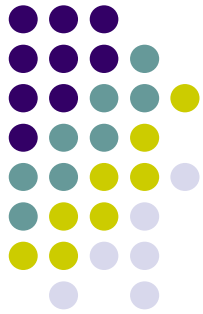


Líneas de Campo Eléctrico

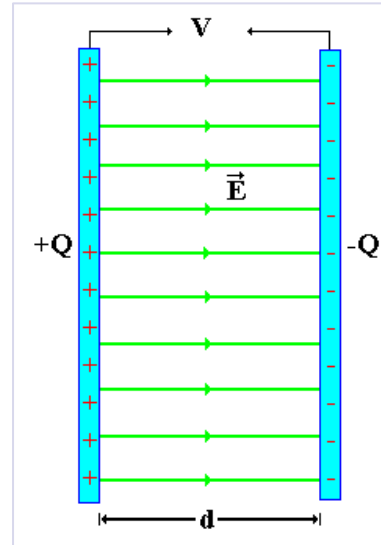
Las **líneas de campo eléctrico** (o líneas de fuerza), son líneas imaginarias que tienen como objetivo generar una representación visual del campo eléctrico en una región del espacio. Sus propiedades más importantes son:

- ✓ La densidad de líneas de fuerza es proporcional a la intensidad del campo eléctrico.
- ✓ En un punto de una línea, la tangente coincide con la dirección del campo eléctrico en este punto.
- ✓ El sentido de la línea, determina el **sentido** del campo eléctrico. Las líneas parten de las cargas positivas y arriban a las cargas negativas.

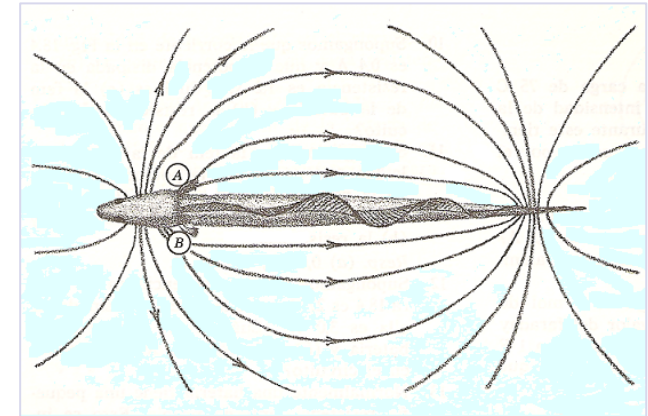




Campo electrico para un plano uniformemente cargado



Planos cargados (positivo y negativo) (capacitor)

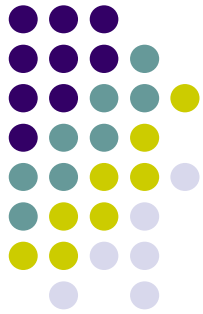


Pez electrico

8.3 Potencial Eléctrico

La fuerza eléctrica, del mismo modo que la fuerza gravitatoria, es una fuerza conservativa. Siguiendo el análisis del problema gravitacional, podemos definir la **Energía Potencial Eléctrica** de un sistema de cargas.

Energía Potencial Eléctrica (UE) de una dada configuración de cargas, es el trabajo que debe realizarse para traer las cargas, a velocidad constante, desde el infinito ($UE = 0$) hasta la posición que ocupan.



La **Energía Potencial Eléctrica** en el caso de dos cargas puntuales separadas una distancia r es:

$$U_E = K \frac{Q q}{r}$$

Se define **Potencial Eléctrico (V)** debido a la carga Q en el punto P (donde se encuentra la carga de prueba q) a la Energía Potencia Eléctrica por unidad de carga:

$$V = \frac{U_E}{q}$$

Unidades: **1 Volt = 1 Joule/ 1 Coulomb.**

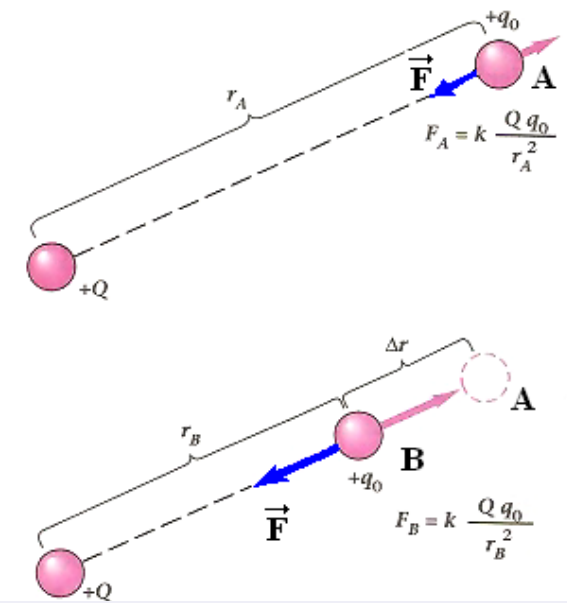
Para una carga puntual el potencial eléctrico es:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

El potencial en un punto debido a un conjunto n de cargas puntuales es:

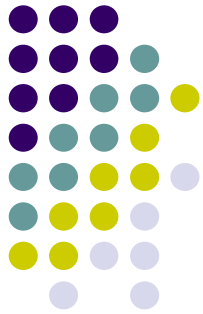
$$V = \sum_i V_i = \sum_{i=1}^n K \frac{q_i}{r_i}$$

donde r_i es la distancia entre la carga q_i y el punto donde se calcula el potencial.



La Fuerza F debe realizar un trabajo para trasladar la carga q_0 desde **A** hasta **B**. La U_E del sistema aumenta

Situación	Diferencia de potencial (volts)
Unión <i>pn</i> en un transistor	10^{-1}
Célula biológica	10^{-1}
Batería de celda única	1
Salida eléctrica doméstica	10^2
Aparatos de TV	10^4
Nubarrones	10^8



Relacion entre Campo Electrico y Potencial Electrico. Gradiente de potencial

En la figura se representa un campo eléctrico uniforme, y una carga positiva en su interior.

\vec{F} es la fuerza que debe realizarse para trasladar, a velocidad constante, la carga q desde **A** a **B**. El módulo de esta fuerza (igual al módulo de la fuerza eléctrica) es qE . El trabajo que realiza la fuerza \vec{F} para cubrir esta trayectoria es:

$$W = qEl$$

Debido a que la fuerza eléctrica es conservativa, este trabajo es:

$$W = \Delta E_c + \Delta U_E$$

$$qEl = \Delta U_E$$

Recordando la definición de Potencial Eléctrico:

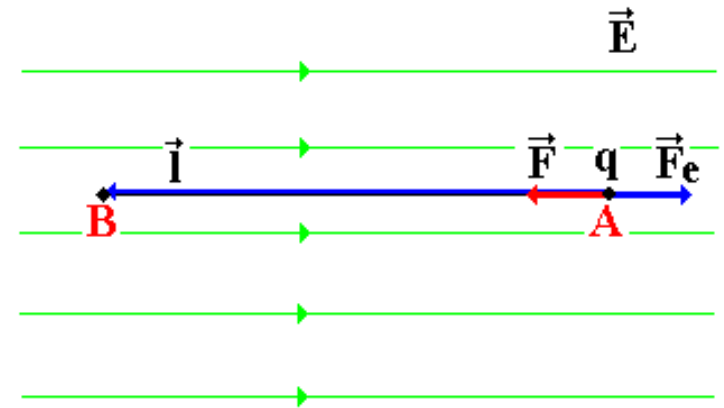
$$V_B - V_A = \frac{\Delta U_E}{q} = El$$

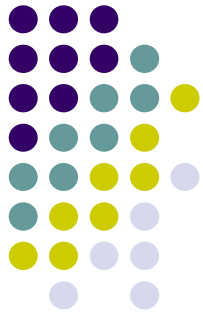
Si el campo eléctrico no es uniforme, la relación general entre campo y potencial es:

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

O, equivalentemente

$$\vec{E} = -\frac{dV}{dl}$$





La cantidad dV/dl , se denomina **gradiente de potencial**. Indica cuán rápido varía el potencial con la distancia. El signo menos significa que la dirección del campo eléctrico es opuesta a la dirección en la cuál aumenta el potencial.

Consecuencias:

- ✓ Las cargas positivas se desplazan de las zonas de mayor potencial hacia las de menor.
- ✓ Las cargas positivas se desplazan en el sentido de las líneas de campo eléctrico.
- ✓ El potencial eléctrico aumenta cuando nos movemos en sentido contrario a la líneas de campo eléctrico.

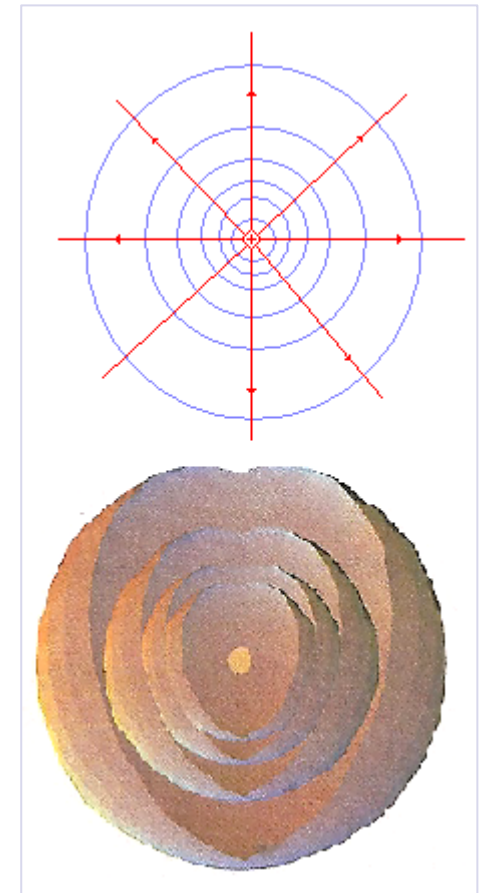
Superficies equipotenciales

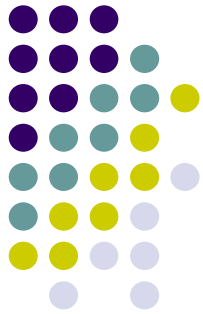
Cualquier punto de una superficie imaginaria esférica de radio r , en cuyo centro se encuentra la carga Q , tendrá el mismo potencial eléctrico:

$$V = K \frac{Q}{r}$$

A una superficie con estas características se la denomina **superficie equipotencial**.

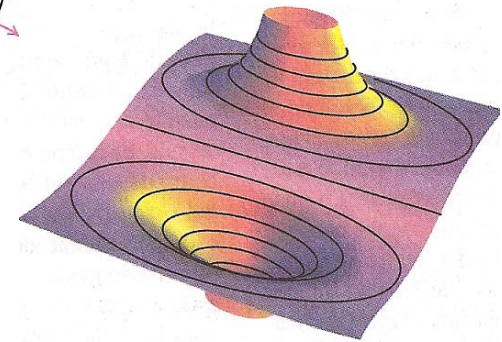
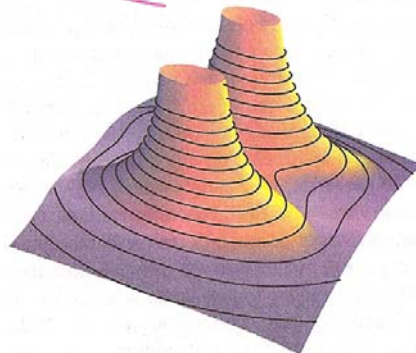
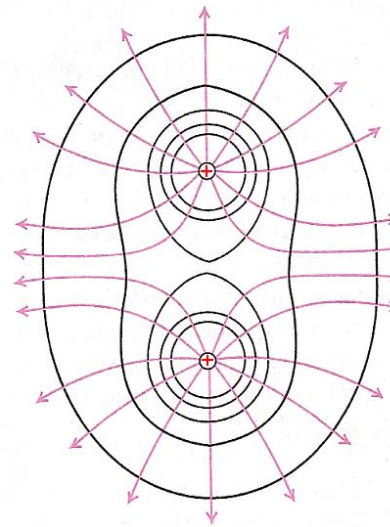
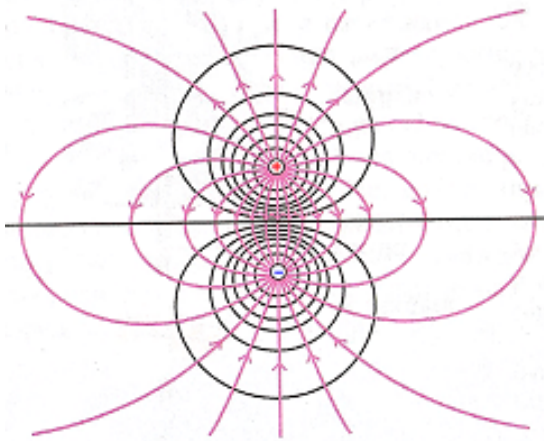
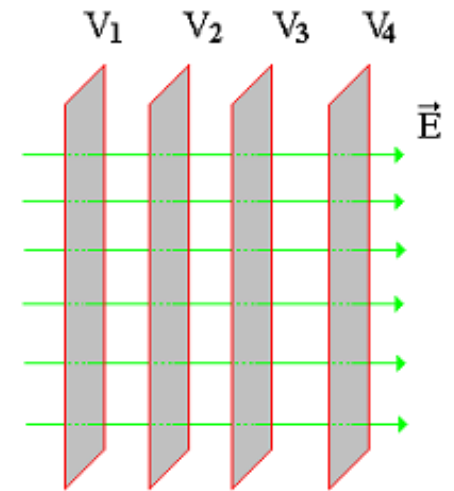
En el caso de una carga puntual, las superficies equipotenciales son cascarones esféricos centrados en el punto donde se encuentra la carga.

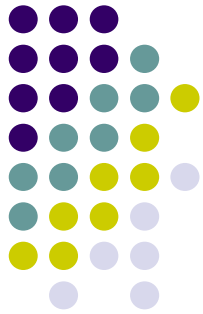




Cuando una carga se mueve en equilibrio, formando un ángulo recto con el campo eléctrico, al ser la fuerza externa perpendicular al movimiento, el trabajo realizado es nulo, por lo tanto el potencial permanece constante, **la carga se ha trasladado a lo largo de una equipotencial**. Se concluye, entonces, que:

Las líneas de campo eléctrico son siempre perpendiculares a las superficies equipotenciales





8.4 Dipolos Eléctricos

Un par de cargas de igual valor y distinto signo constituyen un **dipolo eléctrico**. El **momento dipolar eléctrico** \vec{p} , es la magnitud que caracteriza esta distribución.

Dipolo en un Campo Eléctrico

Suponemos un dipolo colocado en el interior de un campo eléctrico uniforme. Sobre la carga negativa actúa la fuerza $\vec{F}_{(-)}$, sobre la positiva la fuerza $\vec{F}_{(+)}$, ambas de módulo qE . La fuerza resultante sobre el dipolo es nula. Si el vector \vec{p} forma un ángulo θ con el vector \vec{E} , el momento de rotación $\vec{\tau}$ sobre el dipolo es:

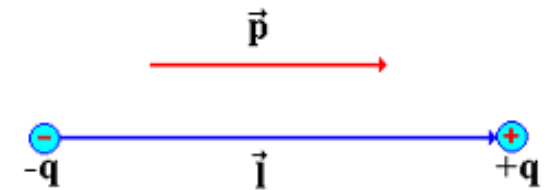
$$\vec{\tau} = \vec{\tau}_{(+)} + \vec{\tau}_{(-)}$$

pero si los momentos son calculados respecto del punto donde se encuentra la carga negativa, entonces $\tau_{(-)} = 0$

$$\tau_{(+)} = F_{(+)} l \sin\theta = qEl \sin\theta = pE \sin\theta$$

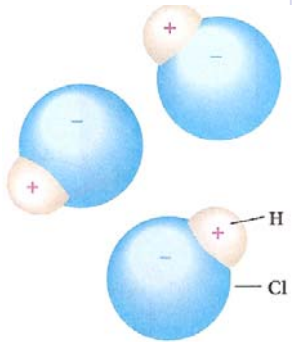
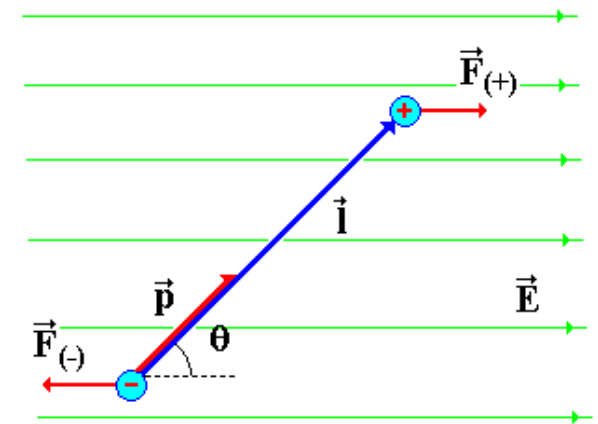
La última expresión puede escribirse de modo vectorial:

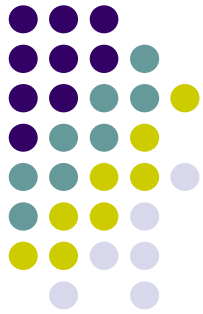
$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$



\vec{l} : vector de -q a +q

$$\vec{p} = q \vec{l}$$





Energía Potencial en el Dipolo Eléctrico

La **energía potencial eléctrica** de un dipolo en un campo eléctrico se define:

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$U = -pE \cos \theta$$

En la figura se representan tres configuraciones y se calcula el momento y la energía potencial eléctrica en cada caso.

