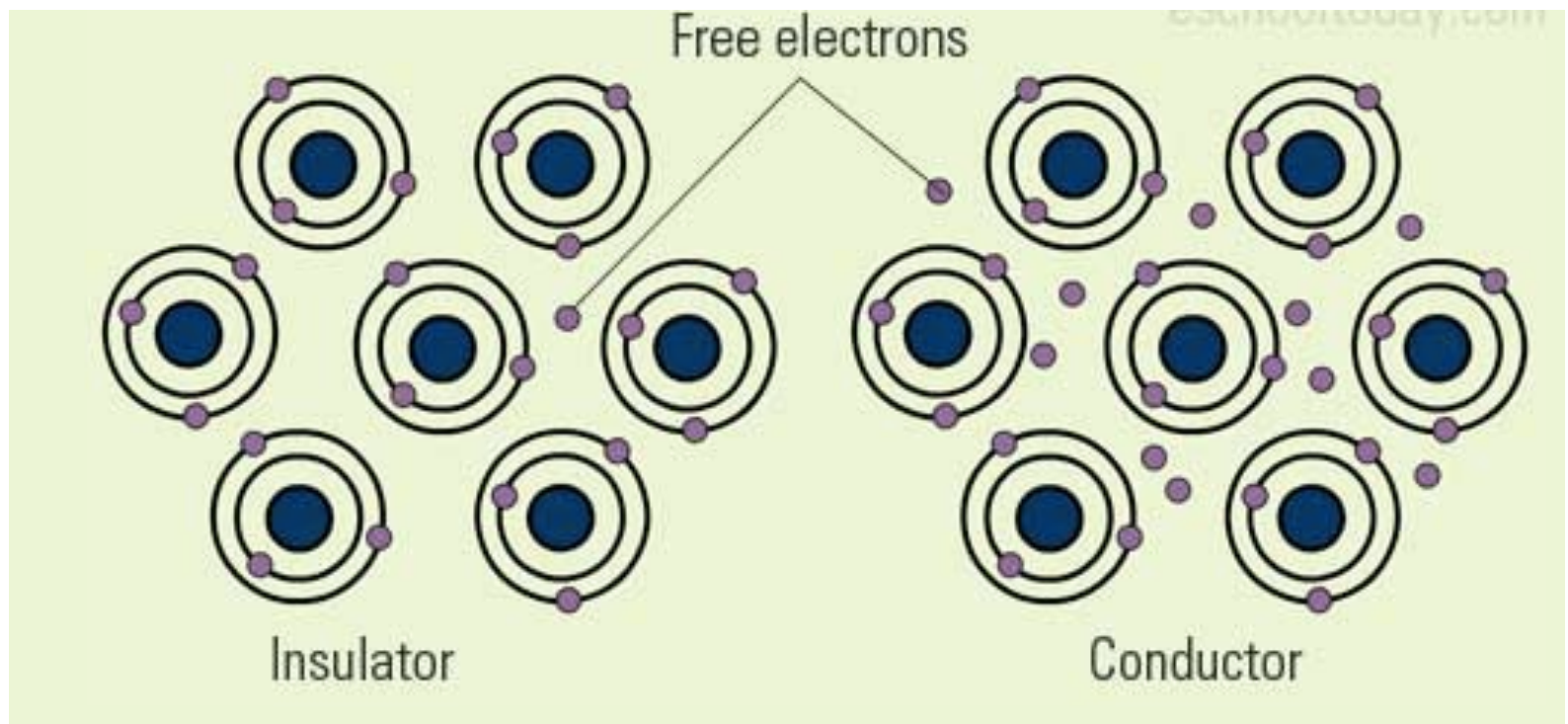


Tema 1- CAMPO ELÉCTRICO

1. Introducción.
2. Carga eléctrica. Conductores y aislantes.
3. Ley de Coulomb.
4. Campo eléctrico y principio de superposición. Líneas de campo.
5. Movimientos de cargas puntuales en campos eléctricos.
6. El dipolo eléctrico.
7. Distribuciones continuas de carga.
8. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss.
9. Potencial eléctrico. Potencial de un sistema de cargas puntuales.
10. Potencial eléctrico de distribuciones continuas.
11. Condensadores. Energía potencial electrostática.

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- Primeras observaciones de la atracción eléctrica en la antigua Grecia ya en 600 a.C. (elektron)
- William Gilbert (1540-1603) fue uno de los primeros filósofos naturales de la era moderna en realizar experimentos con la electrostática y el magnetismo
- Stephen Gray (1666-1736) estableció una primera clasificación de los cuerpos respecto de su conductividad eléctrica.
- Benjamin Franklin (1706-1790) demuestra que existen dos tipos de electricidad a las que llamó **positiva** (frotar vidrio) y **negativa** (frotar goma o ambar), una convención arbitraria.
- Coulomb (1736-1806) formuló y comprobó la ley que expresa la fuerza que aparece entre cargas eléctricas.



- ✓ En 1820 Oersted observó una relación entre electricidad y magnetismo consistente en que cuando colocaba la aguja de una brújula cerca de un alambre por el que circulaba corriente, ésta experimentaba una desviación. Así nació el **Electromagnetismo**.
- ✓ Faraday (1791-1867) introdujo el concepto de **Campo Eléctrico**.
- ✓ Maxwell (1831-1879) estableció las **Leyes del Electromagnetismo**, las cuales juegan el mismo papel en éste área que las Leyes de Newton en Mecánica.

CARGA ELÉCTRICA

Es una magnitud fundamental de la física, responsable de la interacción electromagnética.

En el S.I. La unidad de carga es el **Culombio (C)** que se define como la cantidad de carga que fluye por un punto de un conductor en un segundo cuando la corriente en el mismo es de 1 A (veremos más adelante).

Submúltiplos del
Culombio

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ } \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

➤ Características de la carga

- i) **Dualidad de la carga**: Todas las partículas cargadas pueden dividirse en positivas y negativas, de forma que las de un mismo signo se repelen mientras que las de signo contrario se atraen.
- ii) **Conservación de la carga**: En cualquier proceso físico, la carga total de un sistema aislado se conserva. Es decir, la suma algebraica de cargas positivas y negativas presente en cierto instante no varía.
- iii) **Cuantización de la carga**: La carga eléctrica siempre se presenta como un múltiplo entero de una carga fundamental, que es la del electrón

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

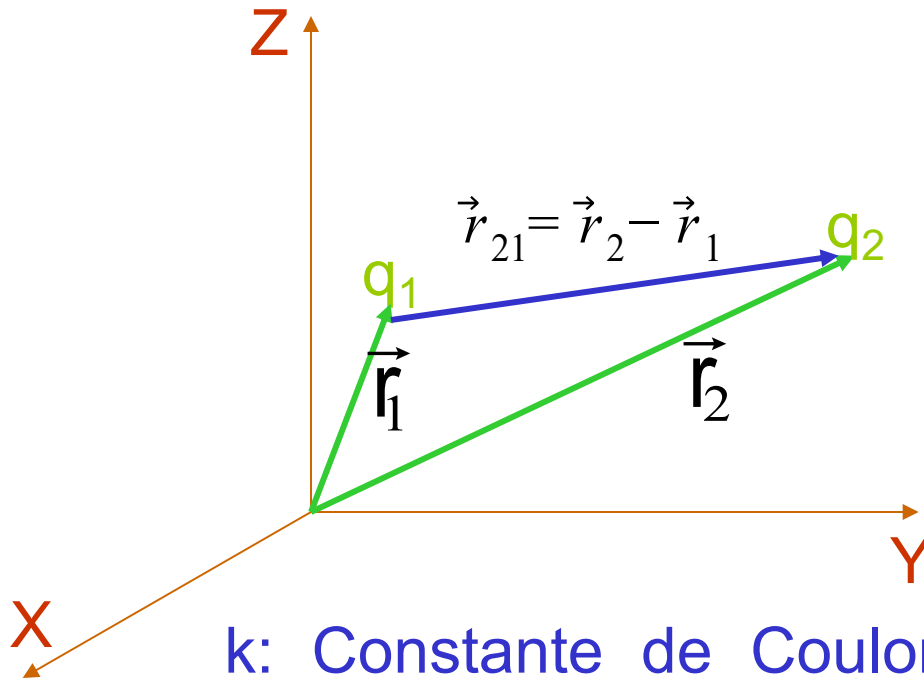
LEY DE COULOMB

A lo largo de este tema estudiaremos procesos en los que la carga no varía con el tiempo. En estas condiciones se dice que el sistema está en **Equilibrio Electrostático**.

Enunciado de la Ley de Coulomb

La fuerza ejercida por una carga puntual sobre otra está dirigida a lo largo de la línea que las une. Es repulsiva si las cargas tienen el mismo signo y atractiva si tienen signos opuestos. La fuerza varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las cargas y es proporcional al valor de cada una de ellas.

➤ Expresión vectorial de la Ley de Coulomb



$$\vec{F}_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{u}_r$$

k: Constante de Coulomb, cuyo valor depende del sistema de unidades y del medio en el que trabajemos. En el vacío, $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$.

➤ Si hay más cargas, se aplica el principio de superposición

Constantes auxiliares

Permitividad del Vacío (ϵ_0): Se define de forma que

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$$

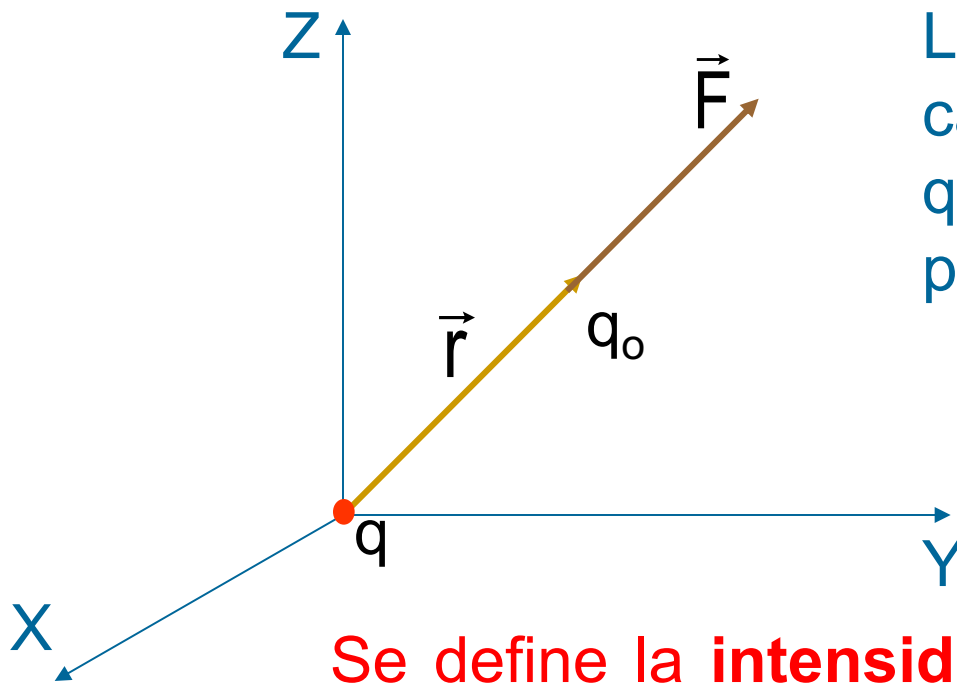
Si el medio en el que se encuentran las cargas es distinto al vacío, se comprueba que la fuerza eléctrica es κ veces menor, de esta forma se define la **Permitividad del Medio** como $\epsilon = \kappa \epsilon_0$. Siendo κ la **Constante Dieléctrica del Medio**. Así,

$$K' = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

CAMPO ELÉCTRICO.

La interacción entre cargas eléctricas no se produce de manera instantánea. El intermediario de la fuerza mutua que aparece entre dos cargas eléctricas es el **Campo Eléctrico**.

La forma de determinar si en una cierta región del espacio existe un campo eléctrico, consiste en colocar en dicha región una **carga de prueba**, q_0 (carga positiva puntual) y comprobar la fuerza que experimenta.



La fuerza eléctrica entre la carga q y la carga de prueba q_0 es repulsiva, y viene dada por

$$\vec{F}_{qq_0} = K \frac{qq_0}{r_{12}^2} \vec{u}_r$$

Se define la **intensidad de campo eléctrico** en un punto como la fuerza por unidad de carga positiva en ese punto.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$



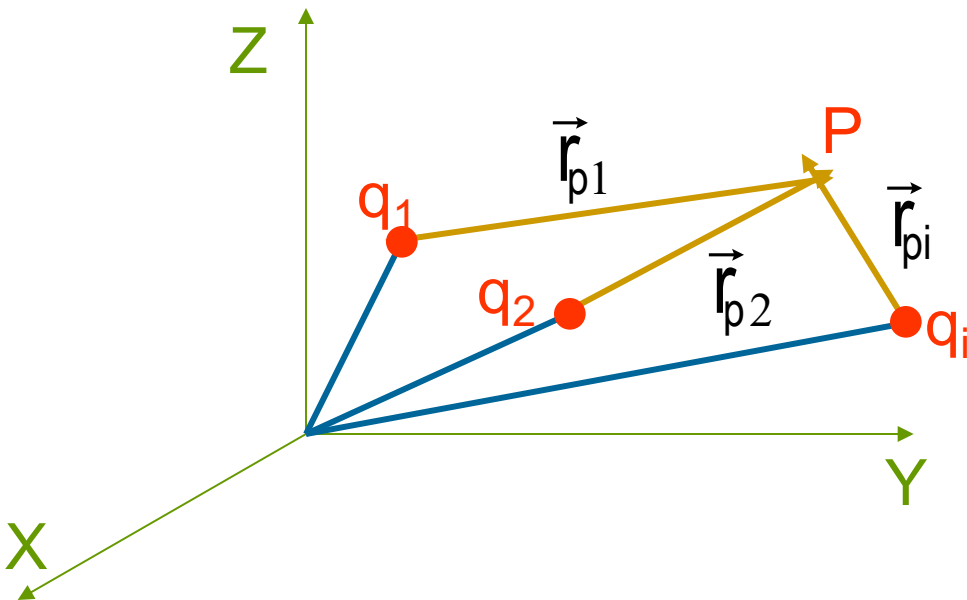
$$\vec{E} = K \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$$

La dirección y sentido del campo eléctrico coincide con el de la fuerza eléctrica.

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

Campo eléctrico creado por una distribución discreta de cargas en un punto:

Se calcula el campo eléctrico sumando **vectorialmente** los campos eléctricos creados por cada una de las cargas puntuales en el punto elegido.



$$\vec{E} = \sum_i K \frac{q_i}{r_{pi}^2} \vec{u}_r$$

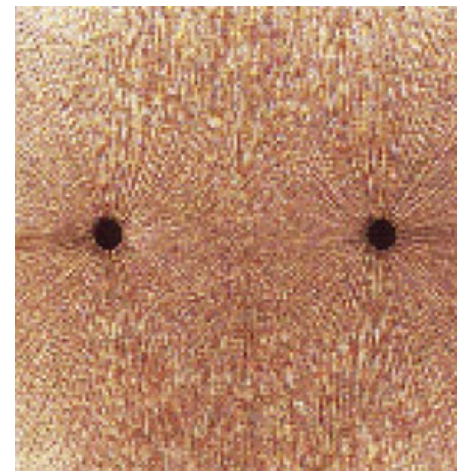
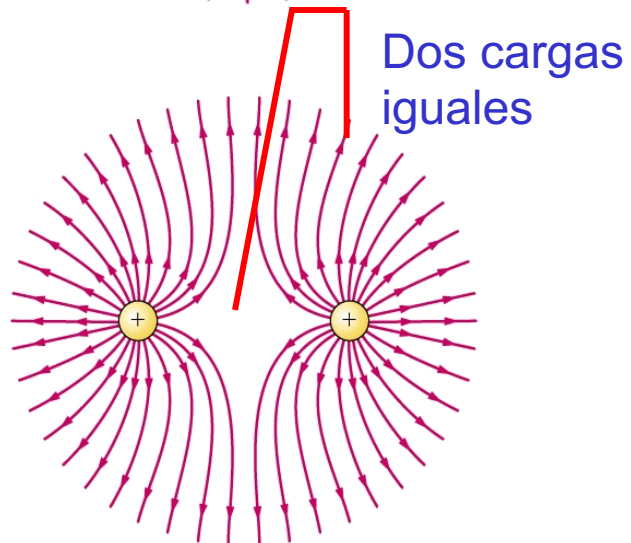
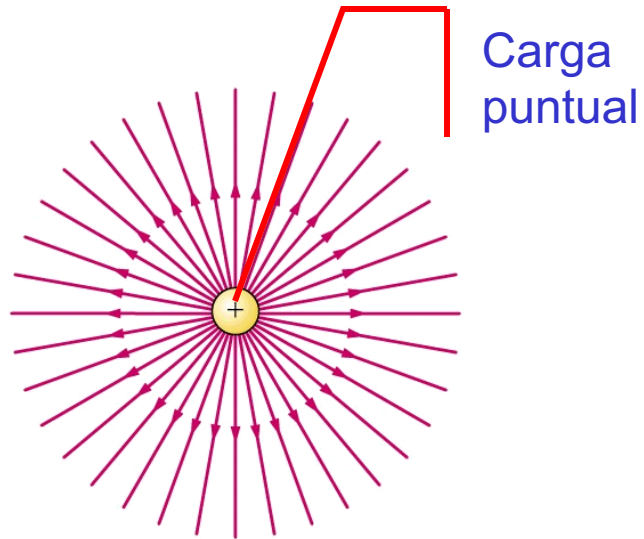
LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO

Las líneas de campo se dibujan de forma que el vector \vec{E} sea tangente a ellas en cada punto. Además su sentido debe coincidir con el de dicho vector.

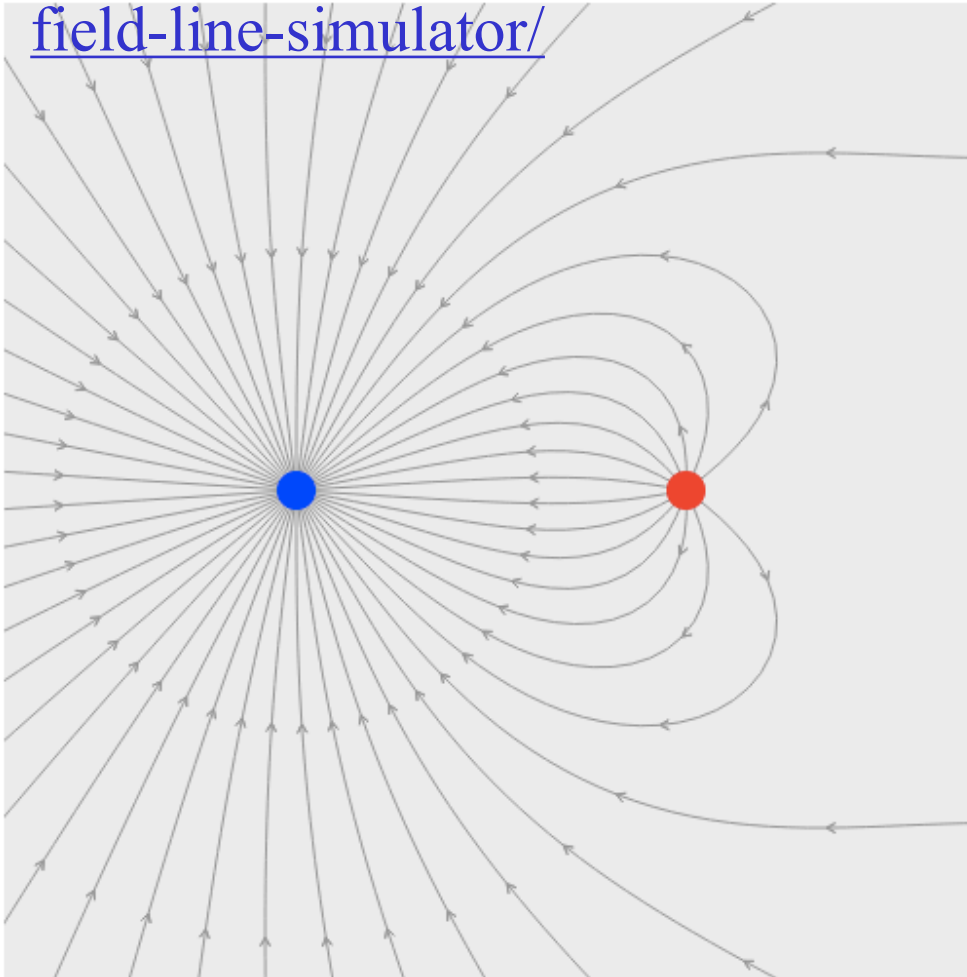
➤ Reglas para dibujar las líneas de campo

- Las líneas salen de las cargas positivas y entran en las negativas.
- Nunca pueden cortarse dos líneas de campo.
- El número de líneas que entran o salen es proporcional al valor de la carga.
- Las líneas empiezan o terminan sólo en las cargas puntuales.
- La densidad de líneas es proporcional al valor del campo eléctrico.

EJEMPLOS DE LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO

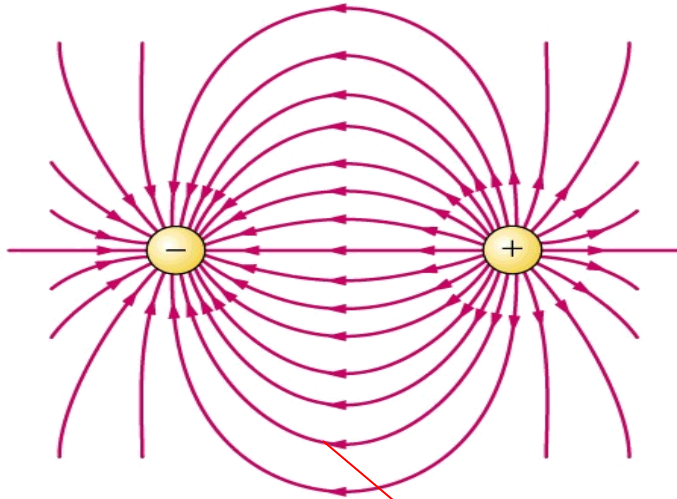


<https://academo.org/demos/electric-field-line-simulator/>

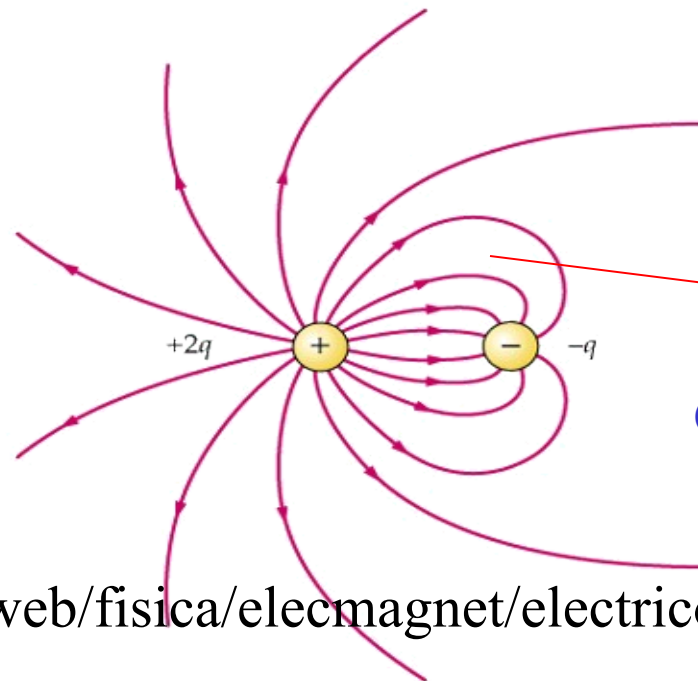
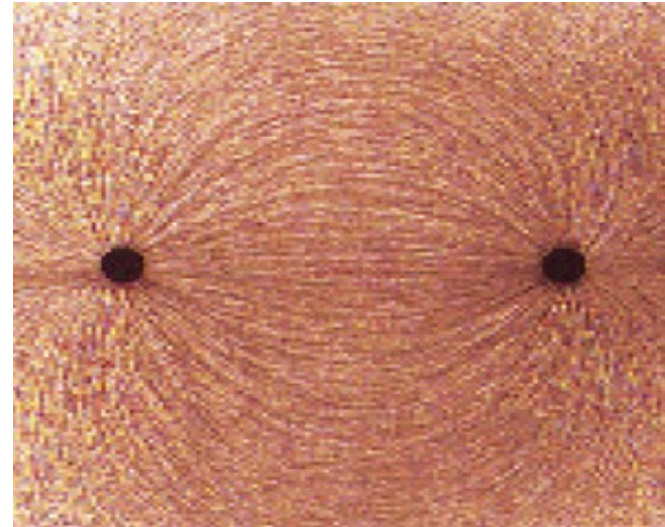


Charge 1

Charge 2



Dipolo
eléctrico



$$Q(-)=2Q(+)$$

Más ejemplos

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/electrico/cElectrico.html>

MOVIMIENTO DE UNA PARTÍCULA EN UN CAMPO ELÉCTRICO

Cuando una carga eléctrica se coloca en el seno de un campo eléctrico, experimenta una fuerza que viene dada por

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

Si queremos calcular la aceleración que experimenta dicha carga, bastará con aplicar la Segunda Ley de Newton

$$\sum_i \vec{F}_i = m \vec{a}$$

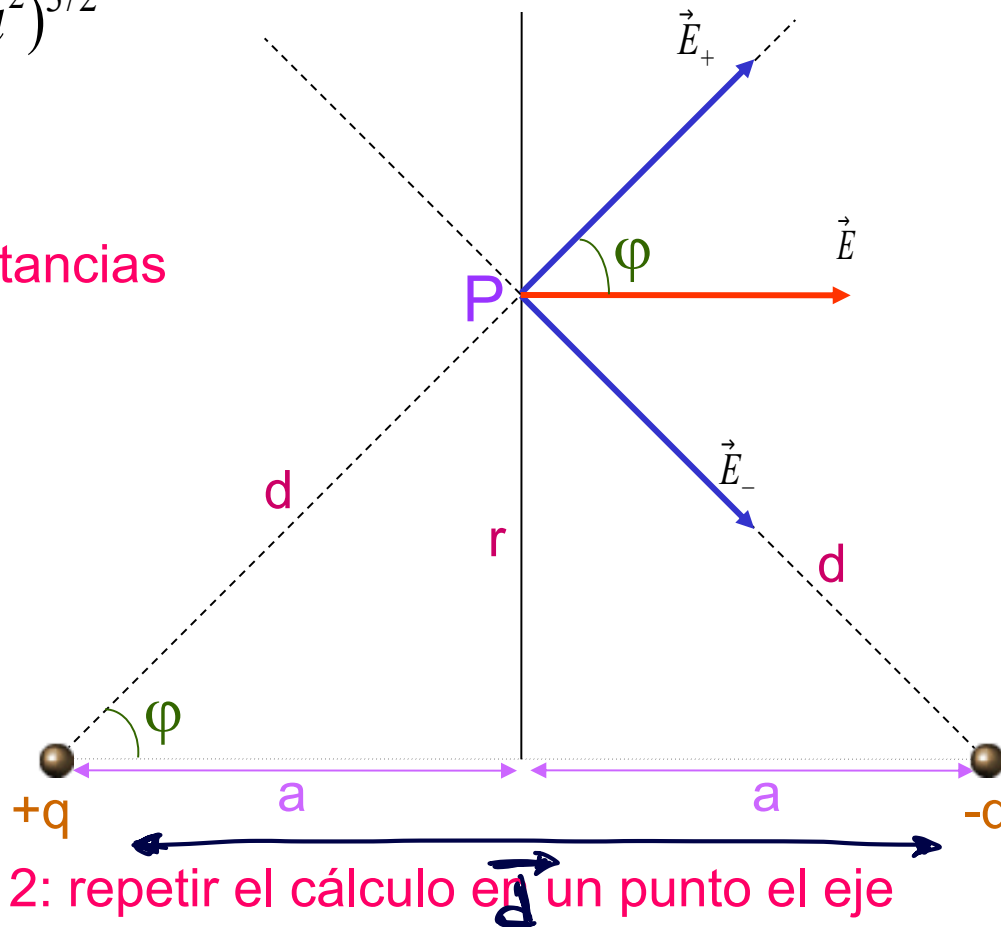
Por ejemplo, en el caso de un campo eléctrico uniforme, la trayectoria de una partícula es una parábola. Sería el mismo caso del movimiento de un proyectil en el seno del campo gravitatorio uniforme.

Dipolo eléctrico: Cálculo del campo eléctrico en un punto de la mediatriz de la línea que une ambas cargas.

$$\vec{E} = K \frac{2 a q}{(r^2 + a^2)^{3/2}} \vec{i}$$

A grandes distancias

$$\vec{E} = K \frac{2 a q}{r^3} \vec{i}$$



Ejemplo 2: repetir el cálculo en un punto el eje

Definición: momento dipolar eléctrico

$$\vec{p} = q \vec{d} = -2 a q \vec{i} \quad (\text{En el ejemplo anterior})$$

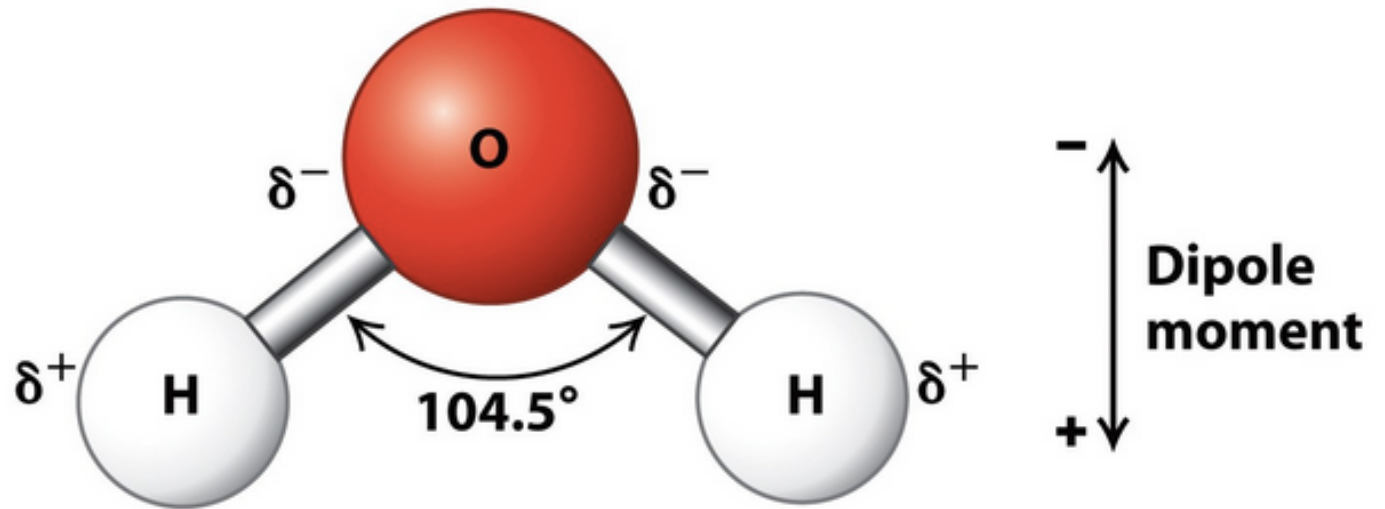
Con sentido desde la carga negativa hacia la positiva.

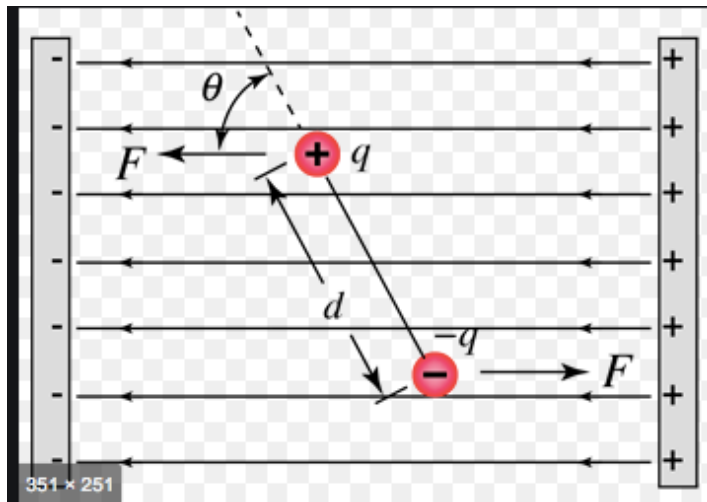
Si aplicamos un campo eléctrico sobre un dipolo, el momento del par de fuerzas será:

$$\vec{M} = \vec{d} \times q \vec{E} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Aunque no existe ninguna fuerza “neta” sobre el dipolo (no hay traslación), aparece un par de fuerzas que tiende a hacer girar el dipolo para que su momento dipolar se alinee con el campo.

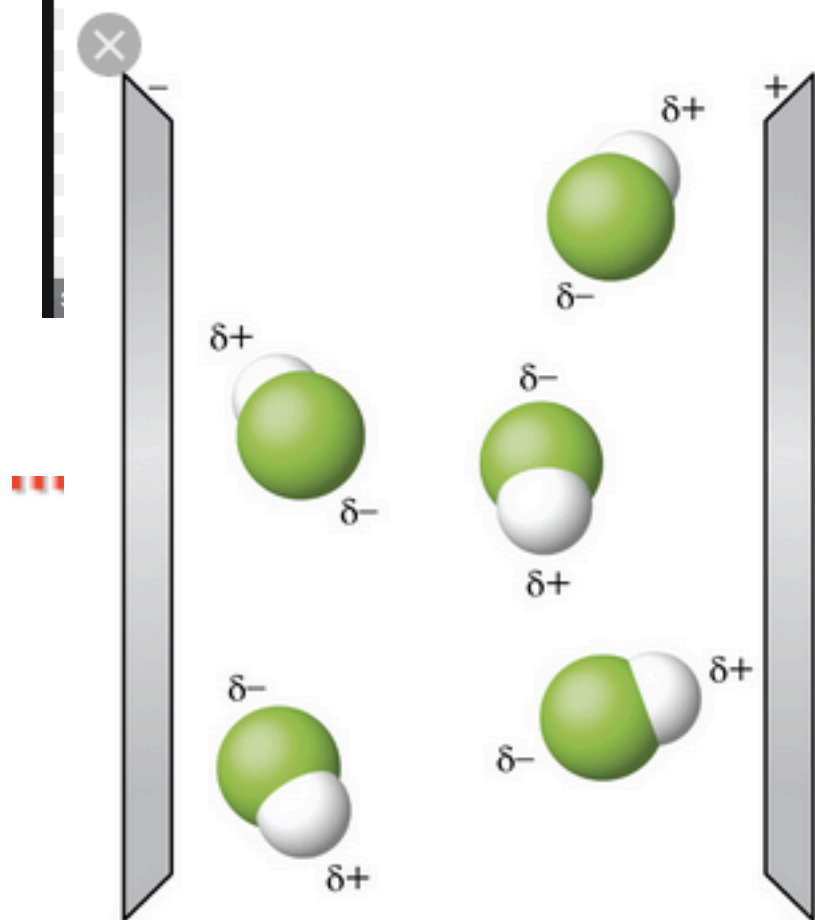
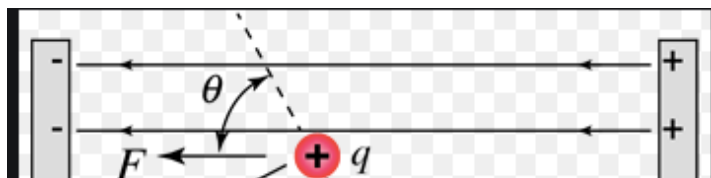
Dipolo electrico, ejemplo moléculas polares





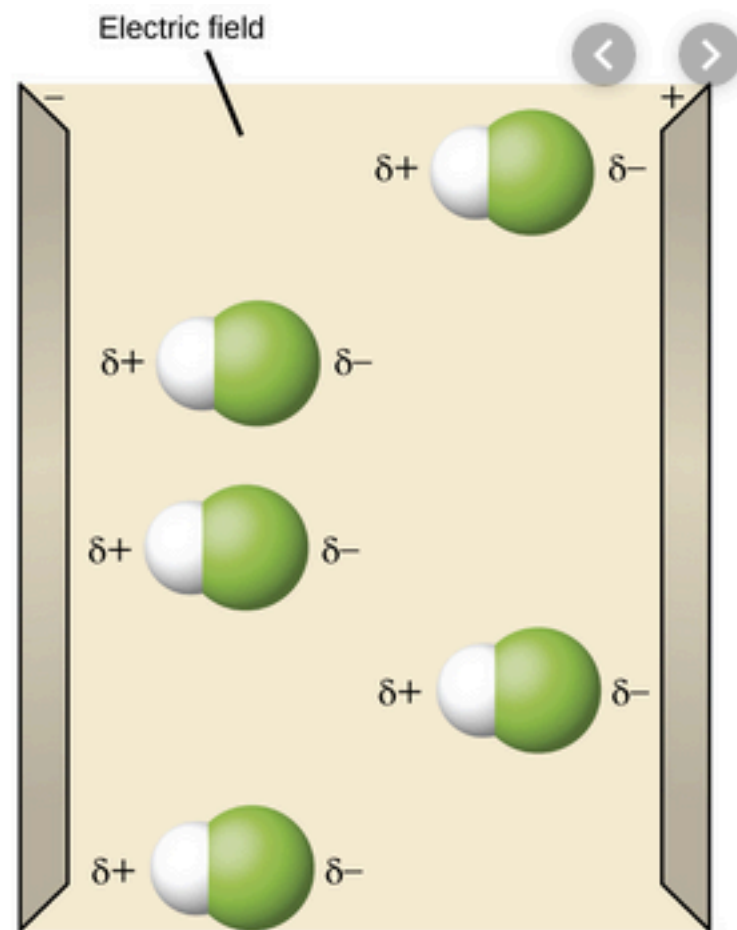
momento dipolo

$$\vec{p} = q\vec{L} = -2aq\vec{i}$$



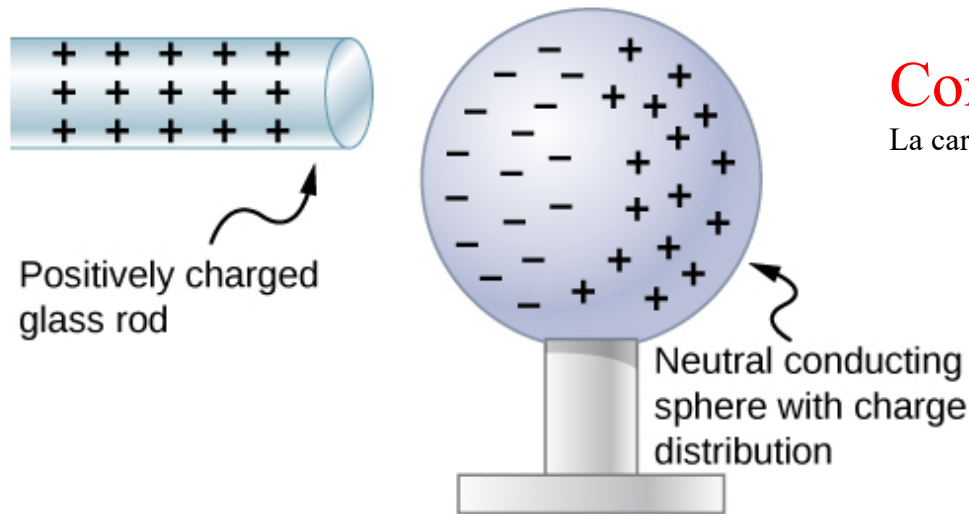
1300 × 798

(a)



(b)

Induccion electrica

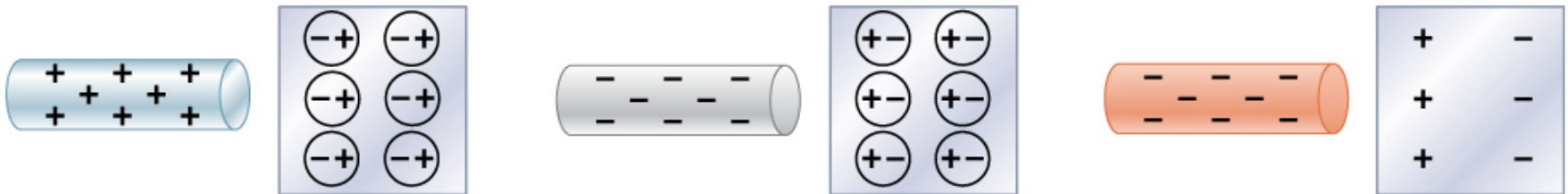


Conductor

La carga se acumula en la superficie!

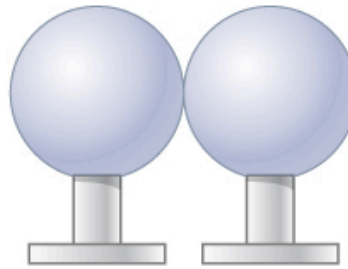
Aislante

La carga se acumula en la superficie!



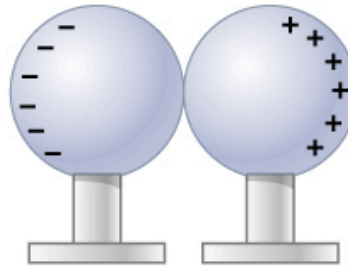
[https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_\(OpenStax\)/Map%3A_University_Physics_II_-_Thermodynamics%2C_Electricity%2C_and_Magnetism_\(OpenStax\)/05%3A_Electric_Charges_and_Fields/5.03%3A_Conductors%2C_Insulators%2C_and_Charging_by_Induction](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_(OpenStax)/Map%3A_University_Physics_II_-_Thermodynamics%2C_Electricity%2C_and_Magnetism_(OpenStax)/05%3A_Electric_Charges_and_Fields/5.03%3A_Conductors%2C_Insulators%2C_and_Charging_by_Induction)

Como se puede anadir carga a un Conductor?



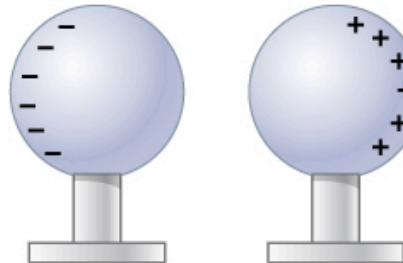
(a)

A charged rod...



... causes separation of charge

(b)



The spheres are separated.