

ELECTROSTATICA – Parte 2



Campo Eléctrico

El campo eléctrico en un punto r del espacio, debido a una carga Q , se define como la fuerza eléctrica que actúa por unidad de carga positiva ubicada en ese punto.

Es una magnitud **vectorial**. Su dirección y sentido coincide con el de la fuerza eléctrica que actuaría sobre una carga unitaria positiva.



$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

donde $k \approx 9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

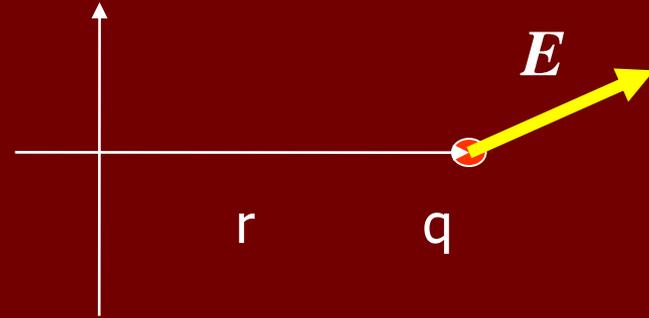
La unidad de campo eléctrico en el SI es $[\text{N/C}] = [\text{V/m}]$

Campo Eléctrico

Para el campo eléctrico también vale el principio de superposición.

Si se conoce el campo eléctrico E en un punto del espacio r (debido, por ejemplo, a una determinada distribución de cargas),

la fuerza eléctrica que actuará sobre una carga q ubicada en ese punto será:



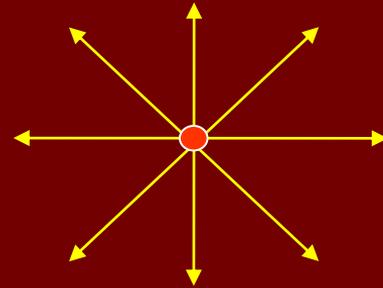
$$\vec{F}(r) = q\vec{E}(r)$$

Líneas de Campo Eléctrico

Una manera de representar gráficamente al campo eléctrico, es a través de las líneas de fuerza del campo eléctrico.

Estas líneas cumplen las siguientes propiedades:

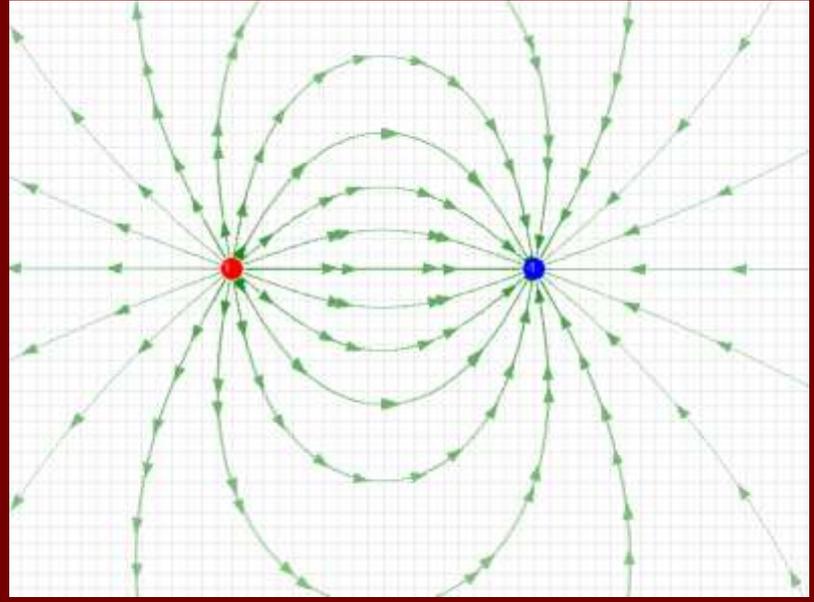
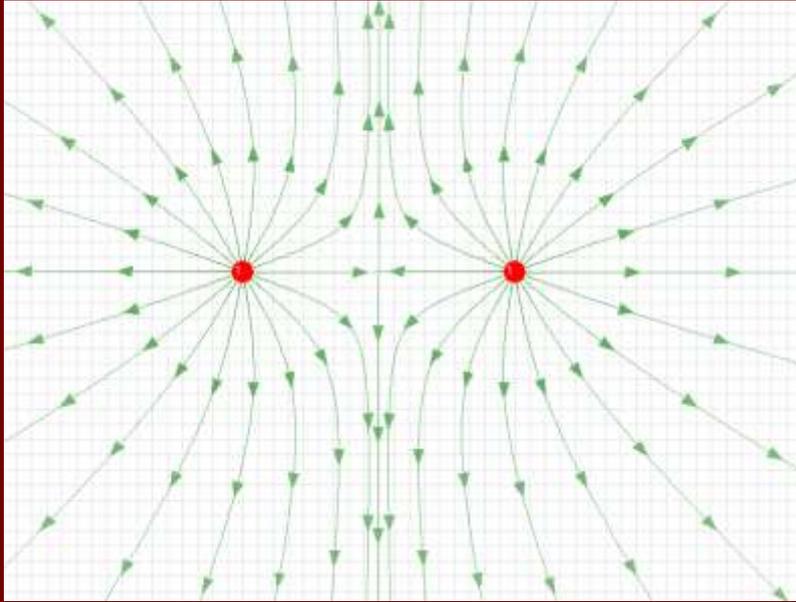
- En cada punto del espacio el vector campo eléctrico es tangente a la línea de fuerza.
- Las flechas de las líneas indican el sentido de la fuerza eléctrica que actuaría sobre una carga positiva.
- La densidad espacial de líneas es proporcional a la intensidad del campo eléctrico en esa zona del espacio.



Las líneas de fuerza del campo eléctrico debidas a una carga positiva puntual, son radiales y salientes de la carga.

Líneas de Campo Eléctrico

Ejemplos de líneas de fuerza de campo eléctrico debidas a distintas configuraciones de cargas.



Ley de Gauss

Vimos que el campo eléctrico producido por una carga puntual Q a una distancia r de la misma resulta:

$$\mathbf{E} = k \mathbf{Q}/r^2 \quad (1)$$

Si encerramos la carga con una superficie esférica de radio r se tiene que el área de dicha superficie es:

$$\mathbf{A} = 4\pi r^2 \quad (2)$$

Por lo que de (1) y (2) se obtiene que:

$$\mathbf{E} \cdot \mathbf{A} = 4\pi k \mathbf{Q} = \mathbf{Q} / \epsilon_0$$

Es decir que el *flujo* del campo eléctrico a través de una superficie cerrada es igual a la carga neta encerrada por dicha superficie dividida por la permitividad del vacío ϵ_0 .

Corolario de la Ley de Gauss

Según vimos anteriormente, la densidad de líneas de campo por unidad de superficie es proporcional a la intensidad del campo eléctrico:

$$N/A \propto E$$

De donde:

$$N \propto EA$$

Resultando, según la ley de Gauss:

$$N \propto Q$$

Dentro de un campo eléctrico, la diferencia entre el número de líneas de fuerza (N) que entran y las que salen a través de una superficie cerrada de cualquier forma, es proporcional a la carga neta (Q) encerrada por dicha superficie.

Energía Potencial Eléctrica

Al mover una carga dentro de un campo eléctrico se produce una variación de su energía potencial eléctrica, de la misma forma que al mover un cuerpo de masa m en un campo gravitatorio varía su energía potencial gravitatoria.

La variación de la energía potencial eléctrica al mover una carga puntual q entre las posiciones A y B, dentro de un campo eléctrico, es igual al trabajo realizado por la fuerza eléctrica, cambiado de signo:

$$\Delta E_p = E_{p_B} - E_{p_A} = -\int_A^B \vec{F} \cdot \vec{dl} = -q \int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

En el SI la energía potencial se expresa en Joule [J]

Potencial Eléctrico

Se define la variación de potencial eléctrico como la variación de energía potencial eléctrica por unidad de carga.

Se trata de una magnitud escalar.

La variación (o diferencia) de potencial eléctrico entre las posiciones A y B, dentro de un campo eléctrico, coincide numéricamente con la variación de la energía potencial de la carga positiva unitaria entre esos puntos, resultando:

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta E_p}{q} = -\int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

En el SI el potencial eléctrico se expresa en Joule/Coulomb [J/C] = Volt [V]

Potencial Eléctrico

- El potencial eléctrico es una propiedad (escalar) de cada punto del espacio que depende de las fuentes del campo eléctrico (E) y no de la carga de prueba que pueda (o no) estar en ese punto.
- Vale el principio de superposición.
- Tal como en el caso de la energía potencial, sólo tiene sentido hablar de diferencia de potencial.
- Suele asignarse el valor cero de potencial en algún punto, para luego hablar del potencial eléctrico (V a secas), siempre con respecto a ese cero de referencia.
- El campo eléctrico y el potencial eléctrico satisfacen la siguiente relación:

$$E = -\nabla V = -\left(\frac{dV}{dx}, \frac{dV}{dy}, \frac{dV}{dz}\right)$$

Potencial Eléctrico producido por una carga puntual

El campo eléctrico producido por una carga puntual Q es

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

La variación de energía potencial de una carga q que se mueve entre las posiciones A y B en ese campo será

$$\Delta E_p = -q \int_A^B E \cdot dr = -q \int_A^B k \frac{Q}{r^2} dr$$

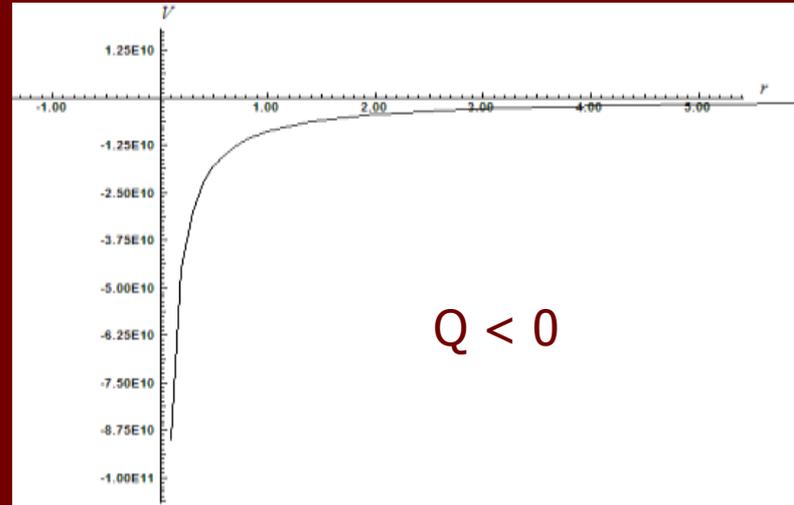
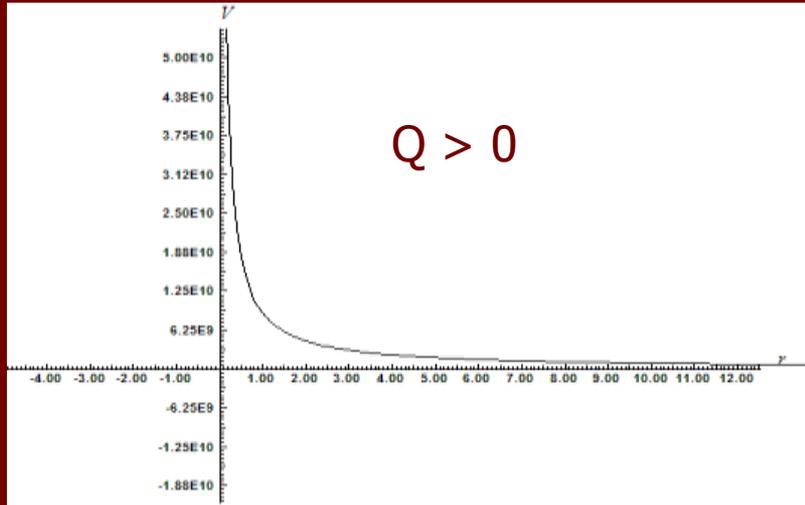
y la diferencia de potencial entre A y B resultará

$$\Delta V = \frac{\Delta E_p}{q} = -kQ \int_A^B \frac{dr}{r^2} = kQ \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Potencial Eléctrico producido por una carga puntual

Si se toma potencial cero en el infinito, $V_A \rightarrow 0$ cuando $r_A \rightarrow \infty$
puede escribirse el potencial en función de la distancia a la carga Q :

$$V(r) = k \frac{Q}{r}$$



Resumen de fórmulas

Caso general

$$\vec{F}(r) = q\vec{E}(r)$$

$$\Delta Ep_{AB} = -L_{AB} = -q \int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta Ep_{AB}}{q} = - \int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

Carga puntual

$$|\vec{F}(r)| = \frac{k |Q| |q|}{r^2}$$

$$|\vec{E}(r)| = \frac{k |Q|}{r^2}$$

$$\Delta V_{AB} = kQ \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Aplicación: Tubo de rayos catódicos

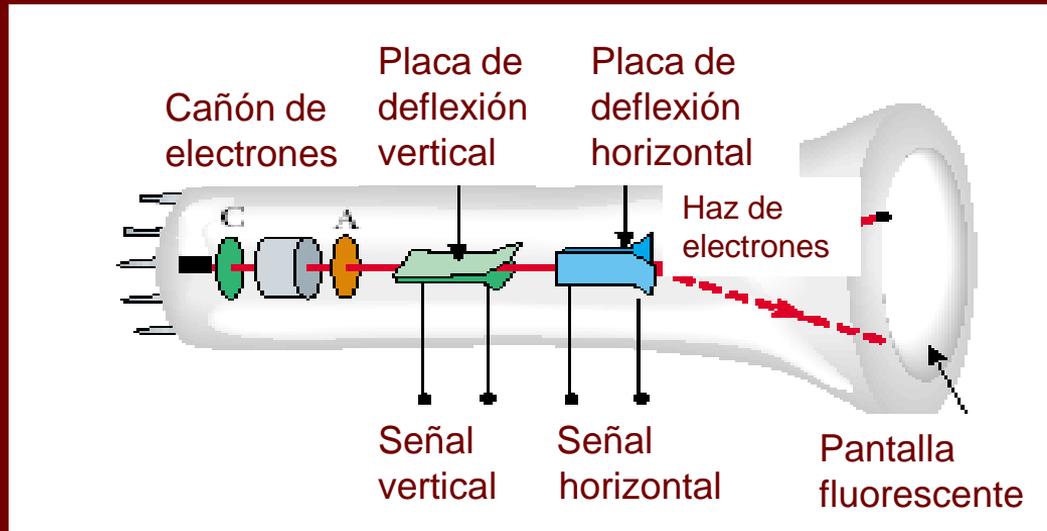


Imagen Física de Serway 6ta. Edición

Los electrones producidos en el cátodo (C) son acelerados hacia el ánodo (A).

Las placas de deflexión vertical y horizontal desvían a los electrones, a través de campos eléctricos, haciéndolos impactar en diferentes posiciones de la pantalla fluorescente para producir la imagen.