

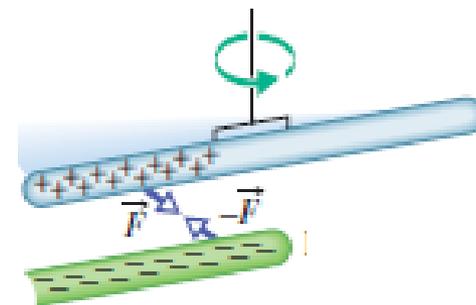
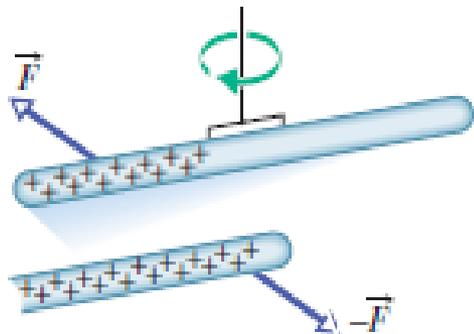
carga eléctrica

Electrostática es el estudio de cargas eléctricas en reposo

Dos tipos de cargas llamadas positiva y negativa

Convención que utilizó Benjamín Franklin (1706-1790).

Experimentalmente: objetos con el mismo tipo de carga eléctrica se repelen entre sí mientras que los objetos con distinto tipo de carga eléctrica se atraen entre sí.



carga eléctrica

La unidad de carga es el Coulomb, denotada C

La unidad fundamental de carga es $e = 1.6022 \times 10^{-19}$ C, también llamada carga elemental

La carga de las partículas subatómicas, como protón y electrón, es una propiedad intrínseca como lo es la masa y el spin.

La carga está cuantizada en la naturaleza $Q = \pm N e$

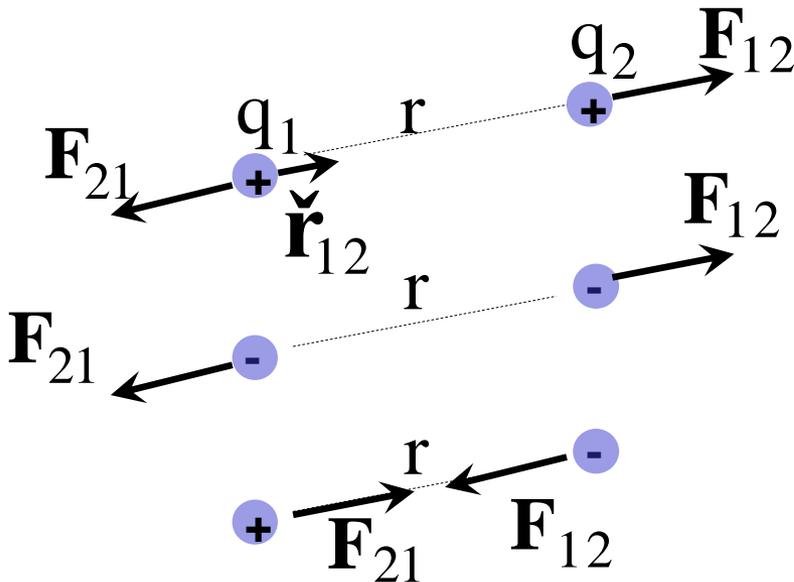
La conservación de la carga es una ley fundamental de la Naturaleza

fuerza electrostática

La ley de Coulomb establece que una partícula puntual cargada ejerce sobre otra una fuerza que actúa en la línea de las partículas.

La fuerza es directamente proporcional a las cargas e inversa con la separación al cuadrado entre cargas (resultado experimental).

La fuerza es repulsiva si las cargas tienen el mismo signo y atractiva si tienen signos distintos.



$$\mathbf{F}_{12} = \frac{K q_1 q_2}{r^2} \mathbf{\check{r}}_{12}$$

$$\mathbf{\check{r}}_{12} = \frac{\mathbf{r}_{12}}{r} \quad \mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

$$k = 8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$$

fuerza electrostática

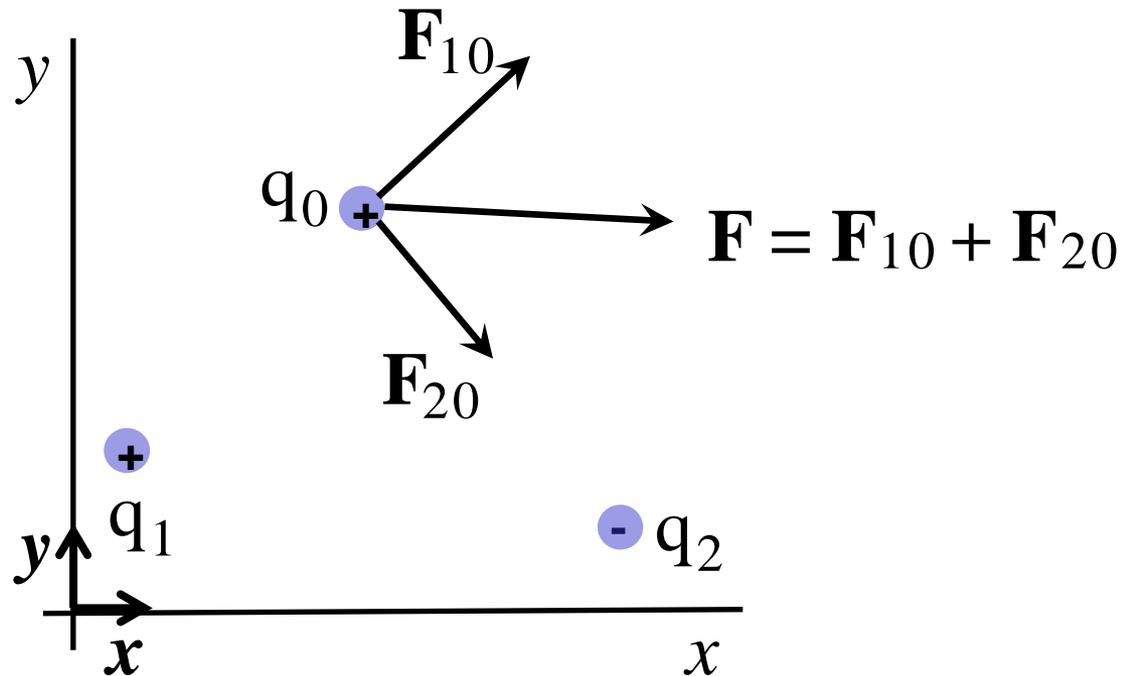
Principio de superposición. Sea una carga puntual q_0 localizada cerca de otras cargas. La fuerza neta aplicada sobre q_0 es la suma vectorial de las fuerzas aplicadas por cada una de las otras cargas sobre q_0 .

$$\mathbf{F} = \Sigma \mathbf{F}_i$$

$$\mathbf{F} = x \mathbf{F}_x + y \mathbf{F}_y$$

$$F_x = \Sigma F_{ix}$$

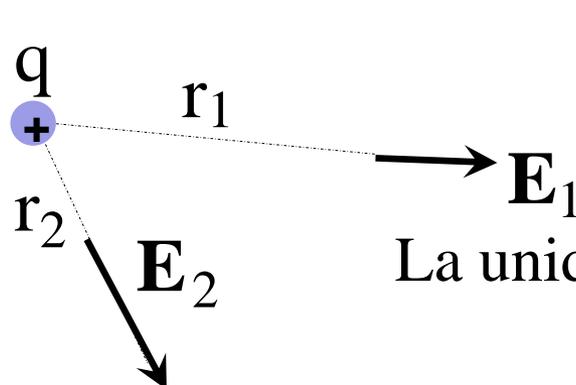
$$F_y = \Sigma F_{iy}$$



campo eléctrico

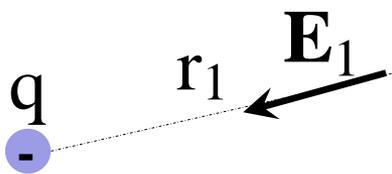
La fuerza eléctrica es una acción a distancia. Para evitar la idea de acción a distancia es útil presentar la idea de campo eléctrico

Decimos que una carga q crea o genera un campo eléctrico en todo el espacio, $\mathbf{E}(r)$


$$\mathbf{E}(r) = \frac{K q}{r^2} \check{\mathbf{r}}_1$$

La unidad de campo eléctrico es N/C.

En todos y cada uno de los puntos que forman una esfera de radio r el campo eléctrico tiene el mismo valor y está representado por un vector que tiene dirección radial hacia afuera de la carga si esta es positiva y radial hacia la carga si la carga es negativa.



Una segunda carga, q_0 , localizada en ese campo eléctrico, $\mathbf{E}(r)$ recibe la acción de una fuerza eléctrica, \mathbf{F}_0 . $\mathbf{F}_0 = \mathbf{E} q_0$

campo eléctrico

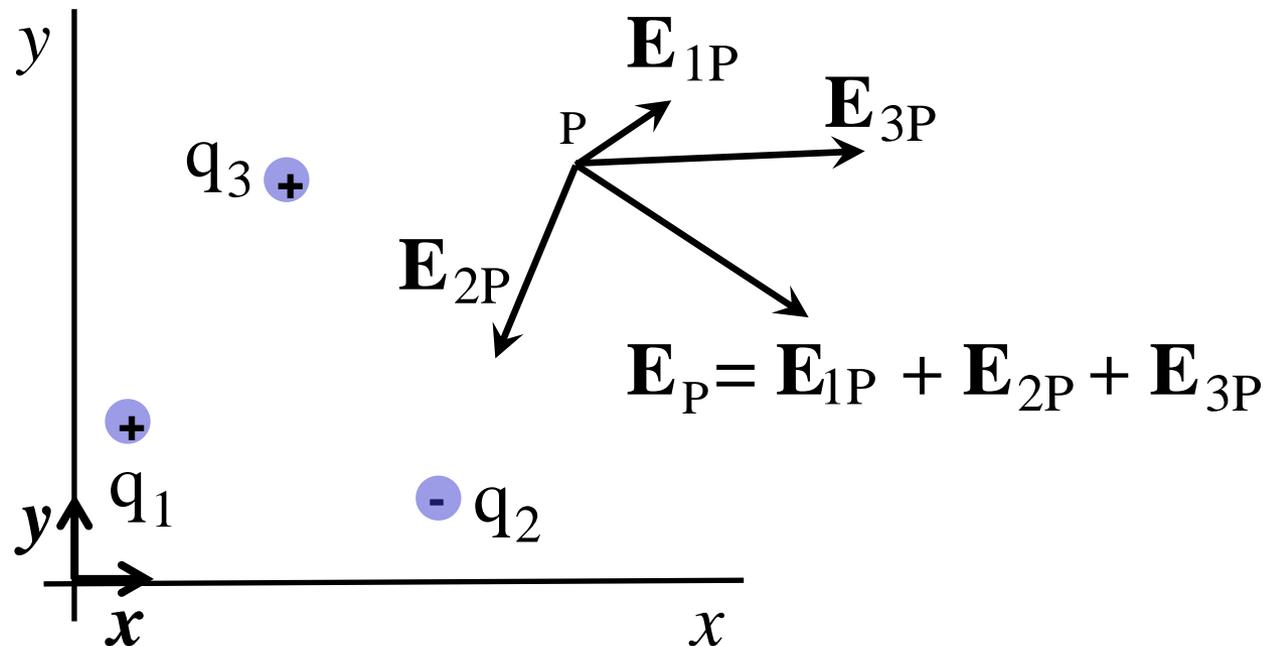
Principio de superposición. Sea un conjunto de cargas puntuales, q_i , localizadas cerca del punto P . El campo eléctrico neto, \mathbf{E}_P , en el punto P está dado por la suma vectorial de los campos generados por las cargas en ese punto, \mathbf{E}_i .

$$\mathbf{E} = \Sigma \mathbf{E}_i$$

$$\mathbf{E} = x \mathbf{E}_x + y \mathbf{E}_y$$

$$E_x = \Sigma E_{ix}$$

$$E_y = \Sigma E_{iy}$$



líneas de campo eléctrico

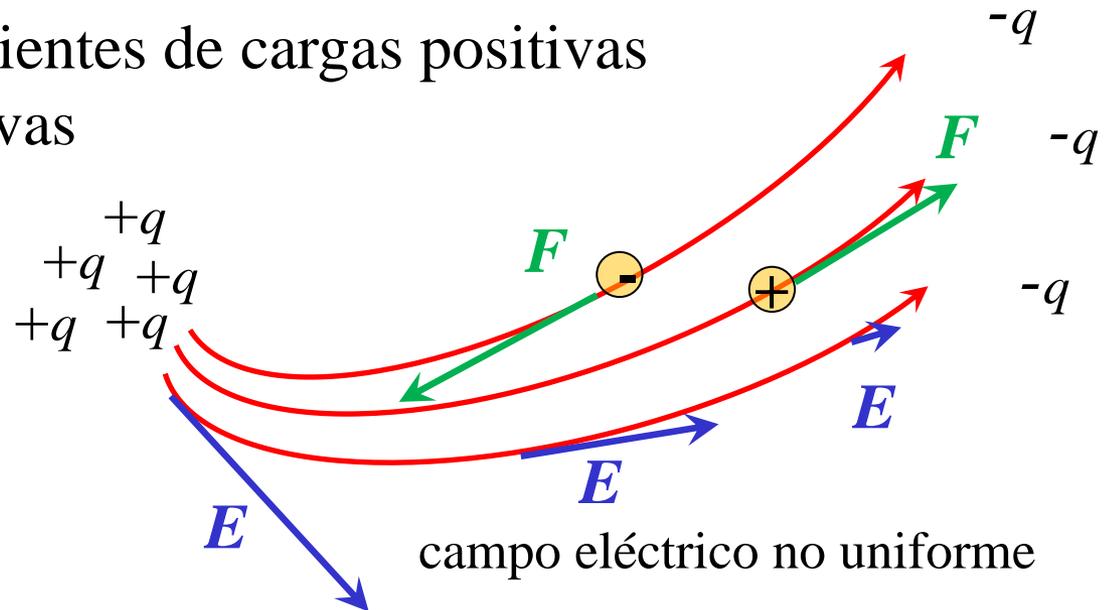
Resulta conveniente representar el campo eléctrico dibujando líneas que indican la dirección del campo en cualquier punto del espacio

El vector E es tangente a la línea de campo en cada punto

La magnitud del campo eléctrico es proporcional a la densidad de líneas de campo, $E_{izq} > E_{der}$

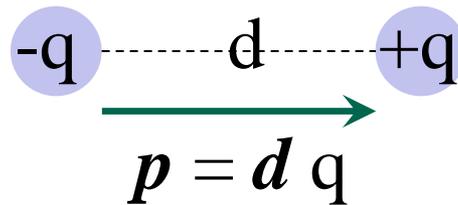
Las líneas de campo son salientes de cargas positivas y entrantes en cargas negativas

Las líneas de campo no se cruzan entre ellas.

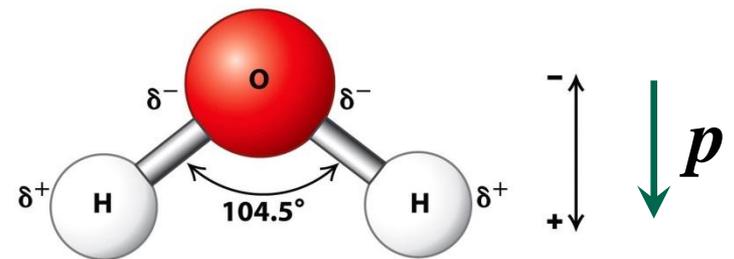


dipolo eléctrico

El *dipolo eléctrico* es una configuración de dos cargas iguales en magnitud pero opuestas en signo, $+q$ y $-q$, separadas por una distancia pequeña, d .



El *momento dipolar eléctrico* está representado por un vector, \mathbf{p} , que apunta de la carga negativa a la positiva.



potencial eléctrico

La fuerza eléctrica, $q_0 \mathbf{E}$, es conservativa entonces existe una función energía potencial electrostática, U , asociada a ella

Una carga de prueba en un campo eléctrico tiene una energía potencial electrostática que es proporcional a la carga

La energía potencial electrostática por unidad de carga, $\frac{U}{q}$, es una función de la posición de la carga en el espacio y se denomina potencial eléctrico, V .

El potencial eléctrico, V , es un campo escalar a diferencia del campo eléctrico, \mathbf{E} , que es un campo vectorial

La unidad del potencial eléctrico es el Volt o $V = 1 \text{ J} / \text{C}$

fuerza, potencial y campo

La intensidad o módulo del campo eléctrico puede pensarse como fuerza por unidad de carga.

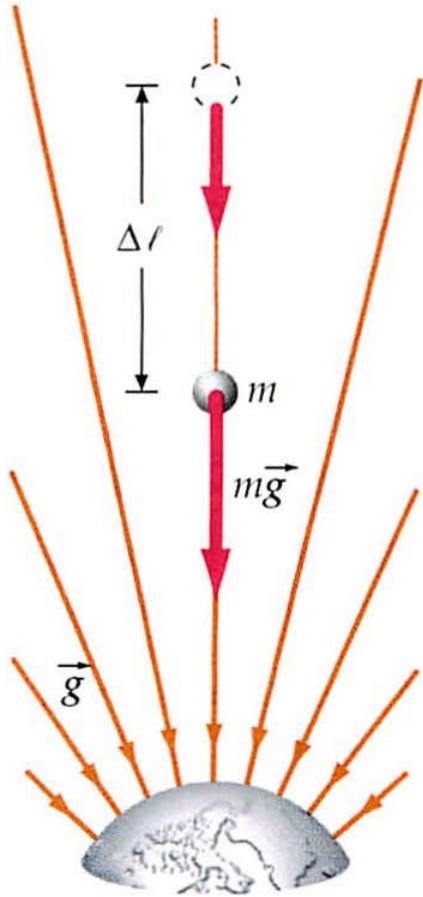
$$E = \frac{F}{q}$$

o bien como la rapidez de cambio del potencial eléctrico con respecto a la distancia

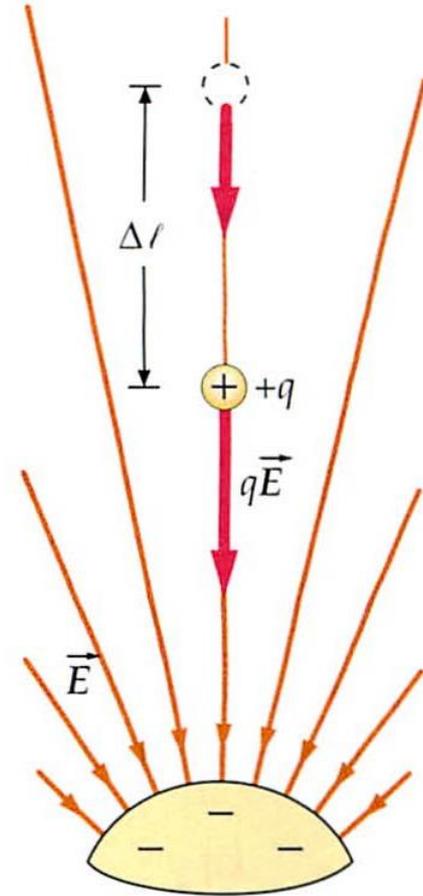
$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta l} \quad \text{o} \quad \mathbf{E} = -\nabla V, \quad \text{en cartesianas } \nabla = \mathbf{i} \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

Las líneas de campo señalan la dirección en la que el potencial eléctrico disminuye mas rápidamente

fuerza, campo, trabajo y energía

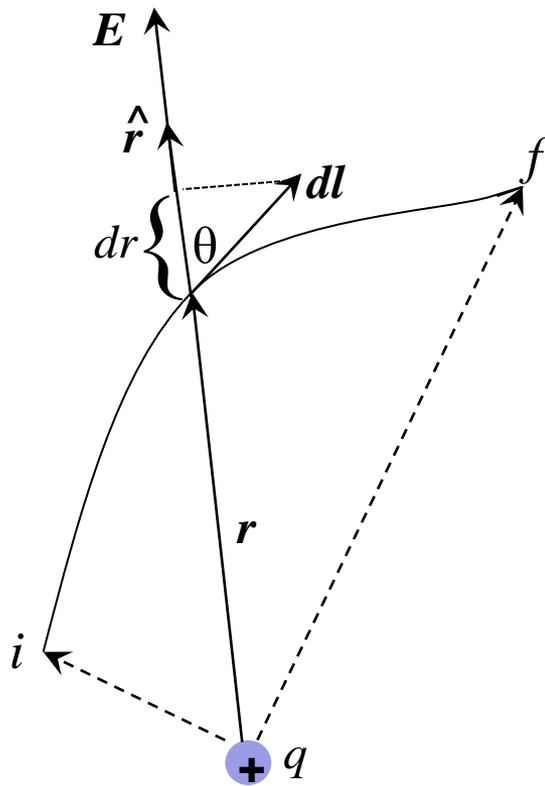


El trabajo que hace el campo gravitacional \vec{g} es igual a lo que disminuye la energía potencial gravitacional.



El trabajo que hace el campo eléctrico \vec{E} es igual a lo que disminuye la energía potencial eléctrica

potencial debido a una carga puntual



Para calcular el potencial en el punto final, f , calculamos la diferencia de potencial entre los puntos i y f por cualquier camino.

$$\Delta V = - \int_i^f \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \int_i^f E \cos \theta dl = - K q \int_i^f \frac{1}{r^2} dr$$

$$V_f - V_i = k q \frac{1}{r^1} \Big|_i^f = \frac{kq}{r_f} - \frac{kq}{r_i}$$

Es convencional asignar potencial cero al punto i lejos de la carga, $V_i = V(\infty) = 0$. El potencial eléctrico debido a una carga puntual en un punto separado una distancia r de la carga está dado por

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

$$\mathbf{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$dr = dl \cos \theta$$

Si hubiera mas de una carga se aplica el principio de superposición, $V(\mathbf{r}) = \Sigma V(r_i)$, respetando el signo de cada carga.

superficie equipotencial

Una superficie equipotencial es la formada por puntos que tienen el mismo valor de potencial electrostático, $V = \text{constante}$.

Si una carga de prueba se somete a un desplazamiento $d\mathbf{l}$ en una superficie equipotencial, $dV = 0$.

Entonces, $dV = -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 \Rightarrow$ el ángulo entre el campo y el desplazamiento es 90°

El vector de campo eléctrico, \mathbf{E} , es perpendicular al plano tangente en cada punto de la superficie, o sea, las líneas de fuerza son perpendiculares a la superficie equipotencial en cada punto del espacio.

