

Estructura de la Materia
Conceptos de Electromagnetismo

Martha M. Flores Leonar
FQ UNAM

30 de enero de 2018

CONTENIDO

LEY DE COULOMB

LEY DE COULOMB

Describe la fuerza de interacción de partículas con carga (cargas puntuales).

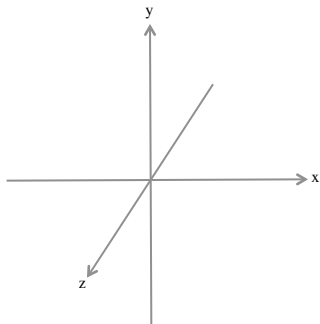
LEY DE COULOMB

Describe la fuerza de interacción de partículas con carga (cargas puntuales).

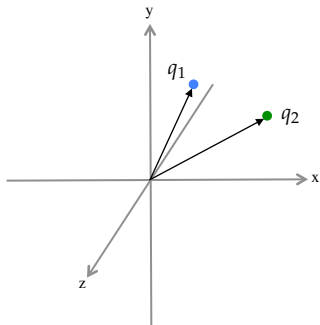
Ley de Coulomb

La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas (\vec{F}_e), con que interactúan dos cargas puntuales, es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

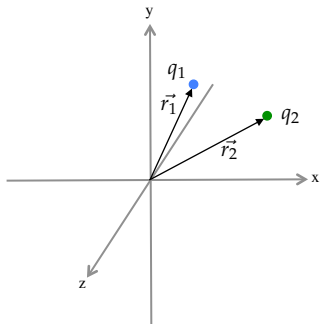
LEY DE COULOMB



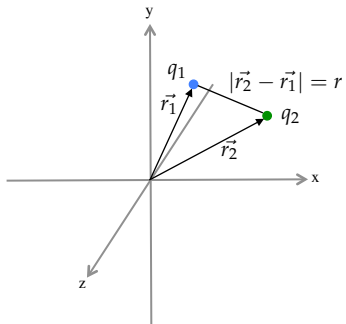
LEY DE COULOMB



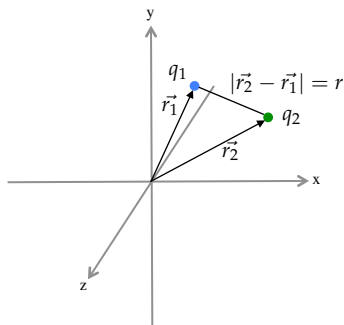
LEY DE COULOMB



LEY DE COULOMB



LEY DE COULOMB



$$\vec{F}_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

k es la constante de Coulomb

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.987551 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \approx 9.0 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

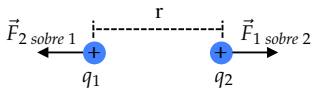
¿ \vec{F}_e qué tipo de cantidad es?

¿ \vec{F}_e qué tipo de cantidad es?

- \vec{F}_e es una cantidad vectorial → Magnitud y dirección

¿ \vec{F}_e qué tipo de cantidad es?

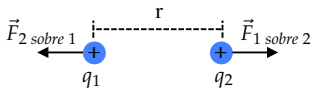
- \vec{F}_e es una cantidad vectorial \rightarrow Magnitud y dirección



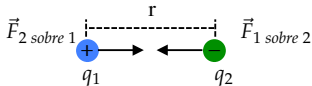
$\vec{F}_e = +$
repulsión

¿ \vec{F}_e qué tipo de cantidad es?

- \vec{F}_e es una cantidad vectorial \rightarrow Magnitud y dirección



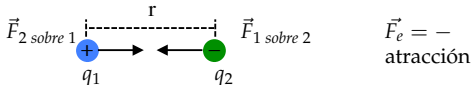
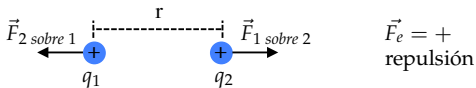
$\vec{F}_e = +$
repulsión



$\vec{F}_e = -$
atracción

¿ \vec{F}_e qué tipo de cantidad es?

- \vec{F}_e es una cantidad vectorial \rightarrow Magnitud y dirección



- \vec{F}_e sigue siempre la línea que une a q_1 y q_2 .
- Las fuerzas son de igual magnitud y con direcciones opuestas.

PROBLEMAS

1. Dos cargas puntuales, $q_1 = +25 \text{ nC}$ y $q_2 = -75 \text{ nC}$, están separadas por una distancia de 3.0 cm. Encuentra la magnitud y la dirección de:
 - a) La fuerza eléctrica que q_1 ejerce sobre q_2
 - b) La fuerza eléctrica que q_2 ejerce sobre q_1

2. Dos cargas iguales se encuentran separadas a una distancia de 1.0 cm. Si la fuerza de repulsión es de 10^{-5} N . ¿Cuál es la magnitud de la carga de cada una?

CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

- \vec{F}_e es una fuerza de “acción a distancia”.

CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

- \vec{F}_e es una fuerza de “acción a distancia”.
- La fuerza eléctrica sobre una carga es ejercida por el **campo eléctrico** creado por otra carga.

CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

- \vec{F}_e es una fuerza de “acción a distancia”.
- La fuerza eléctrica sobre una carga es ejercida por el **campo eléctrico** creado por otra carga.

Consideremos una carga q_1 y un punto P :

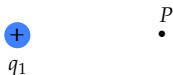


CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

- \vec{F}_e es una fuerza de “acción a distancia”.
- La fuerza eléctrica sobre una carga es ejercida por el **campo eléctrico** creado por otra carga.

Consideremos una carga q_1 y un punto P :



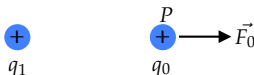
“ q_1 produce un campo eléctrico en el punto P ”

CAMPO ELÉCTRICO

Cuando dos partículas con carga eléctrica interactúan en el espacio
¿Cómo sabe cada una que la otra está ahí?

- \vec{F}_e es una fuerza de “acción a distancia”.
- La fuerza eléctrica sobre una carga es ejercida por el **campo eléctrico** creado por otra carga.

Consideremos una carga q_1 y un punto P :



“ q_1 produce un campo eléctrico en el punto P ”

“Si se coloca una carga de prueba q_0 en P , sentirá una fuerza \vec{F}_0
debida al campo producido por q_1 ”

El campo eléctrico \vec{E} en el punto P será igual a la fuerza \vec{F}_0 ejercida por unidad de carga q_0 .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (2)$$

El campo eléctrico \vec{E} en el punto P será igual a la fuerza \vec{F}_0 ejercida por unidad de carga q_0 .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (2)$$

Campo eléctrico

El campo eléctrico en un punto determinado es igual a la fuerza eléctrica en cada unidad de carga que experimenta una carga en ese punto.

El campo eléctrico \vec{E} en el punto P será igual a la fuerza \vec{F}_0 ejercida por unidad de carga q_0 .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (2)$$

Campo eléctrico

El campo eléctrico en un punto determinado es igual a la fuerza eléctrica en cada unidad de carga que experimenta una carga en ese punto.

De la ecuación de Coulomb:

$$\vec{F}_e = k \frac{q_1 q_0}{r^2}$$

El campo eléctrico \vec{E} en el punto P será igual a la fuerza \vec{F}_0 ejercida por unidad de carga q_0 .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \quad (2)$$

Campo eléctrico

El campo eléctrico en un punto determinado es igual a la fuerza eléctrica en cada unidad de carga que experimenta una carga en ese punto.

De la ecuación de Coulomb:

$$\vec{F}_e = k \frac{q_1 q_0}{r^2}$$

Si dividimos entre q_0

$$\frac{\vec{F}_e}{q_0} = k \frac{q_1}{r^2}$$

$$\vec{E} = k \frac{q_1}{r^2} \quad (3)$$

¿Qué tipo de cantidad es el campo eléctrico?

¿Qué tipo de cantidad es el campo eléctrico?

- El valor de \vec{E} varía dependiendo del punto en donde se quiera calcular.

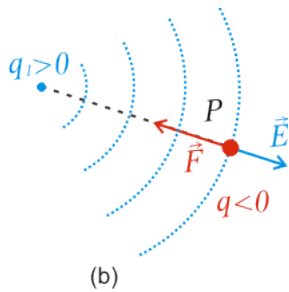
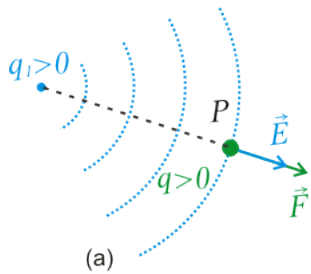
¿Qué tipo de cantidad es el campo eléctrico?

- El valor de \vec{E} varía dependiendo del punto en donde se quiera calcular.
- No es solo un vector, sino un conjunto infinito de cantidades vectoriales.

¿Qué tipo de cantidad es el campo eléctrico?

- El valor de \vec{E} varía dependiendo del punto en donde se quiera calcular.
- No es solo un vector, sino un conjunto infinito de cantidades vectoriales.
- A estas cantidades se les conoce como campos vectoriales.

Vector $\rightarrow F(x, y, z)$
Campo vectorial $\rightarrow E (E_x(x, y, z), E_y(x, y, z), E_z(x, y, z))$



ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

Una fuerza \vec{F} actúa sobre una partícula que se desplaza de un punto a a un punto b ,



ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

Una fuerza \vec{F} actúa sobre una partícula que se desplaza de un punto a a un punto b ,



el trabajo realizado por la fuerza está dado por la integral

$$w_{a-b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (4)$$

ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

Una fuerza \vec{F} actúa sobre una partícula que se desplaza de un punto a a un punto b ,



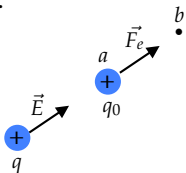
el trabajo realizado por la fuerza está dado por la integral

$$w_{a-b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (4)$$

w_{a-b} se puede escribir en términos de la energía potencial (V)

$$w_{a-b} = V_a - V_b \quad (5)$$

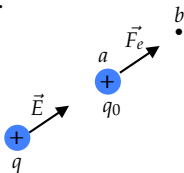
Para dos cargas puntuales:



La fuerza sobre q_0 está dada por la ley de Coulomb:

$$F_e = k \frac{qq_0}{r^2} \quad (6)$$

Para dos cargas puntuales:

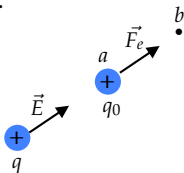


La fuerza sobre q_0 está dada por la ley de Coulomb:

$$F_e = k \frac{qq_0}{r^2} \quad (6)$$

$$w_{a-b} = \int_a^b F_e \cdot dr = \int_a^b k \frac{qq_0}{r^2} dr = kqq_0 \int_a^b \frac{1}{r^2} dr$$

Para dos cargas puntuales:



La fuerza sobre q_0 está dada por la ley de Coulomb:

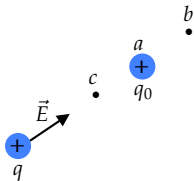
$$F_e = k \frac{qq_0}{r^2} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} w_{a-b} &= \int_a^b F_e \cdot dr = \int_a^b k \frac{qq_0}{r^2} dr = kqq_0 \int_a^b \frac{1}{r^2} dr \\ &= kqq_0 \left[-\frac{1}{r} \right]_a^b = kqq_0 \left[-\frac{1}{r_b} + \frac{1}{r_a} \right] = k \frac{qq_0}{r_a} - k \frac{qq_0}{r_b} \end{aligned} \quad (7)$$

Comparando con la ecuación (5), se tiene una expresión para la energía potencial eléctrica:

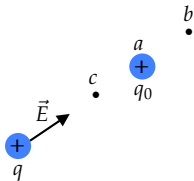
$$V = k \frac{qq_0}{r} \quad (8)$$

Para dos cargas puntuales:



¿Cómo es el trabajo w_{a-b} y w_{a-c} ?

Para dos cargas puntuales:



¿Cómo es el trabajo w_{a-b} y w_{a-c} ?

$$w_{a-b} = +$$

$$w_{a-c} = -$$

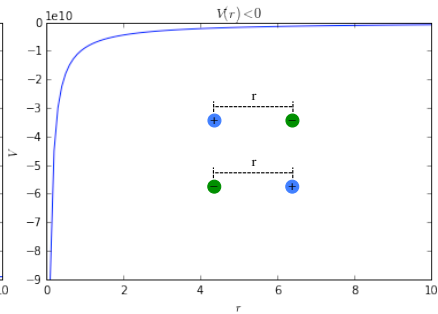
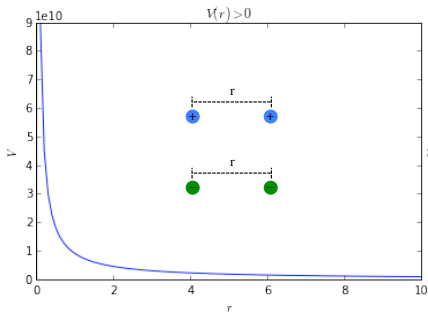
En general:

Si $V_a > V_b \rightarrow w_{a-b} = +$ se realiza un trabajo sobre el entorno

Si $V_a < V_c \rightarrow w_{a-c} = -$ se realiza un trabajo sobre la carga

¿Cómo se ve una gráfica de $V(r)$ vs r ?

¿Cómo se ve una gráfica de $V(r)$ vs r ?



POTENCIAL ELÉCTRICO

De la misma manera en como se definió el campo eléctrico \vec{E} , el potencial eléctrico ϕ se puede definir como la energía potencial por unidad de carga.

Potencial eléctrico

Se define el potencial eléctrico ϕ en cualquier punto de un campo eléctrico, como la energía potencial V por unidad de carga asociada con una carga de prueba q_0 en ese punto.

$$\phi = \frac{V}{q_0} \quad (9)$$

Si sustituimos la expresión para la energía potencial en la ecuación (9), encontramos el potencial eléctrico debido a una carga puntual:

$$\phi = k \frac{q}{r} \quad (10)$$

¿Cómo se relaciona ϕ con \vec{E} ?

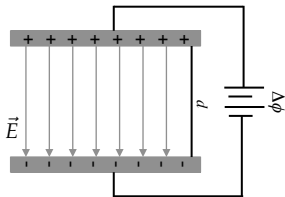
$$w_{a-b} = \int_a^b \vec{F}_e \cdot d\vec{r} = \int_a^b q_0 \vec{E} dr = q_0 \int_a^b \vec{E} dr$$

$$\frac{V_a}{q_0} - \frac{V_b}{q_0} = \int_a^b \vec{E} dr$$

$$\phi_a - \phi_b = \int_a^b \vec{E} dr$$

$$\Delta\phi = \int_a^b \vec{E} dr \quad (11)$$

En un campo eléctrico uniforme ($\vec{E} = \text{cte}$)



$$\Delta\phi = \int_a^b \vec{E} dr = E \int_a^b dr = E[r_b - r_a]$$

$$\Delta\phi = Ed \tag{12}$$

$$\Delta\phi = \frac{w_{a-b}}{q_0} \tag{13}$$

CAMPO MAGNÉTICO

Interacciones eléctricas:

- Una distribución de carga eléctrica en reposo genera un campo eléctrico, \vec{E} .
- El campo eléctrico, \vec{E} , ejerce una fuerza, \vec{F}_e , sobre cualquier otra carga q presente en el campo.

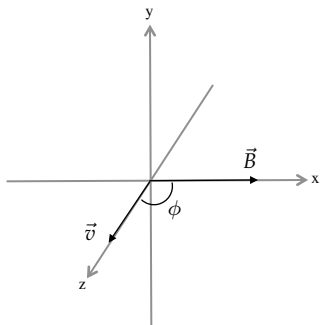
Interacciones magnéticas:

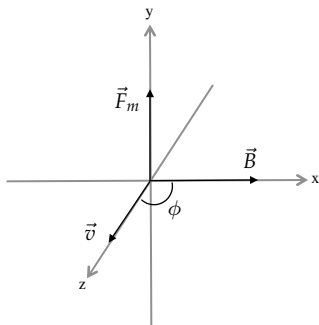
- Una carga en movimiento o una corriente genera un campo magnético (además de su campo eléctrico).
- El campo magnético, \vec{B} , ejerce una fuerza, \vec{F}_m , sobre cualquier otra carga q en movimiento o corriente presente en el campo.

Dado un campo magnético \vec{B} . ¿Qué fuerza \vec{F}_m se ejerce sobre una carga en movimiento?

\vec{F}_m es proporcional a:

- La magnitud de la carga q_0
- La magnitud del campo magnético \vec{B}
- La velocidad de la partícula \vec{v}





$$F_m = q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (14)$$

$$F_m = q |v| |B| \sin\phi \quad (15)$$

\vec{F}_m se conoce como *fuerza de Lorentz*

Fuerza de Lorentz

Si una partícula q se mueve con velocidad \vec{v} a través de un campo magnético \vec{B} la fuerza que siente será:

$$\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

\vec{F}_m se conoce como *fuerza de Lorentz*

Fuerza de Lorentz

Si una partícula q se mueve con velocidad \vec{v} a través de un campo magnético \vec{B} la fuerza que siente será:

$$\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Las unidades de \vec{B} son:

$$\vec{B} = \frac{Ns}{Cm} = \frac{N}{Am} = T$$

T = Tesla

G = Gauss

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$