



Campo electromagnético

Elaborado
por: Gabriela
Zeledón
Quesada



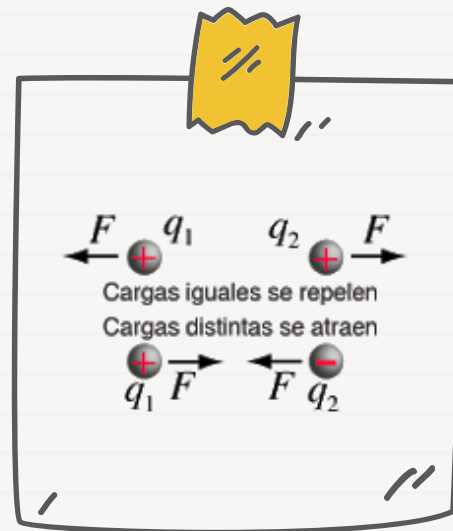
01

Conceptos

y fórmulas necesarias

Ley de Coulomb

La interacción entre dos cargas (que se suponen como **puntuales**) se describe mediante la Ley de Coulomb. Dicha ley establece que la fuerza con que dos cargas se atraen o se repelen es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.



$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{Ley de Coulomb}$$

Ley de Coulomb

F: fuerza de atracción o repulsión (N)

k: constante de Coulomb

$$k_e = 8.9876 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

(para el sistema internacional)

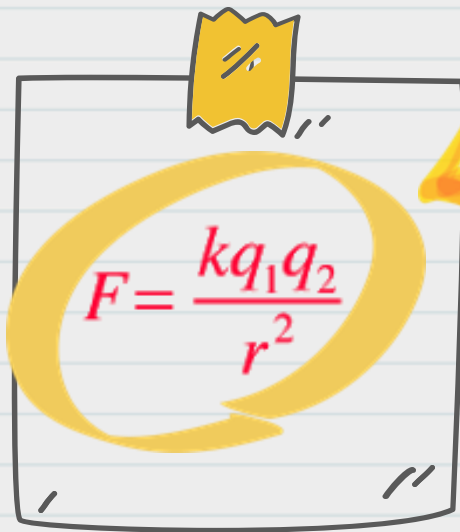
$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

Permitividad del vacío

q: Carga de las partículas (C)

r: distancia entre las cargas (m), si son cargas grandes la distancia se considera entre los centros


$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

Clic

Ejemplo 1

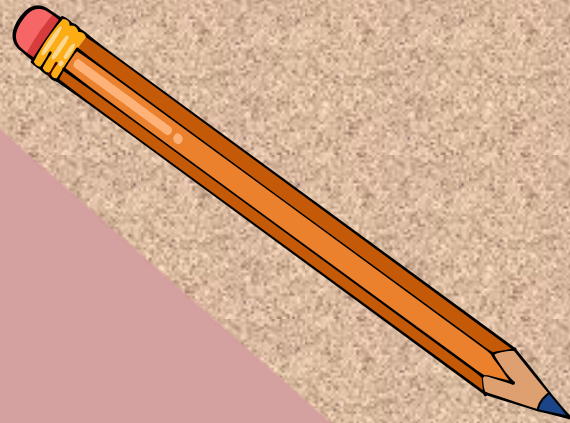
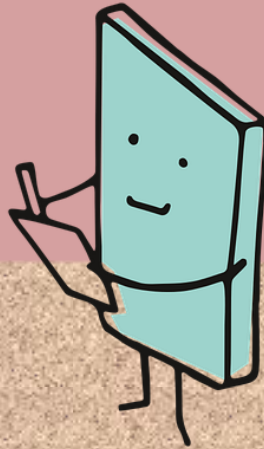
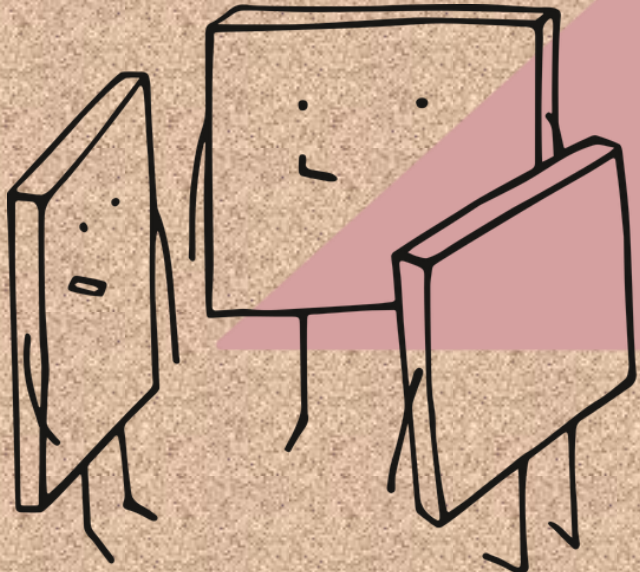
Valores importantes

Partícula	Carga (C)	Masa (kg)
Electrón (e)	$-1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$9.109\,4 \times 10^{-31}$
Protón (p)	$+1.602\,176\,5 \times 10^{-19}$	$1.672\,62 \times 10^{-27}$
Neutrón (n)	0	$1.674\,93 \times 10^{-27}$

La unidad de carga más pequeña conocida en la naturaleza, es la carga de un electrón (-e) o de un protón (+e)

$$1\text{C (1 coulomb)} = 6.24 \times 10^{18} \quad -e \text{ o } +e$$

Práctica

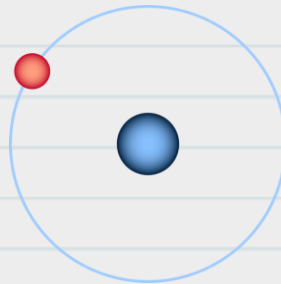


Ejemplo 1:

El electrón y el protón de un átomo de hidrógeno están separados (en promedio) por una distancia de aproximadamente 5.3×10^{-11} m.



Encuentre las magnitudes de la fuerza eléctrica y la fuerza gravitacional entre las dos partículas.



Ejemplo 1:

1

Considere que las dos partículas están separadas por la muy pequeña distancia dada en el enunciado del problema. Debido a que las partículas tienen tanto carga eléctrica como masa, habrá una fuerza eléctrica y una fuerza gravitacional entre ellas.

2

Use la ley de Coulomb para encontrar la magnitud de la fuerza eléctrica:

$$F_e = k_e \frac{|e||-e|}{r^2} = (8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$
$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$



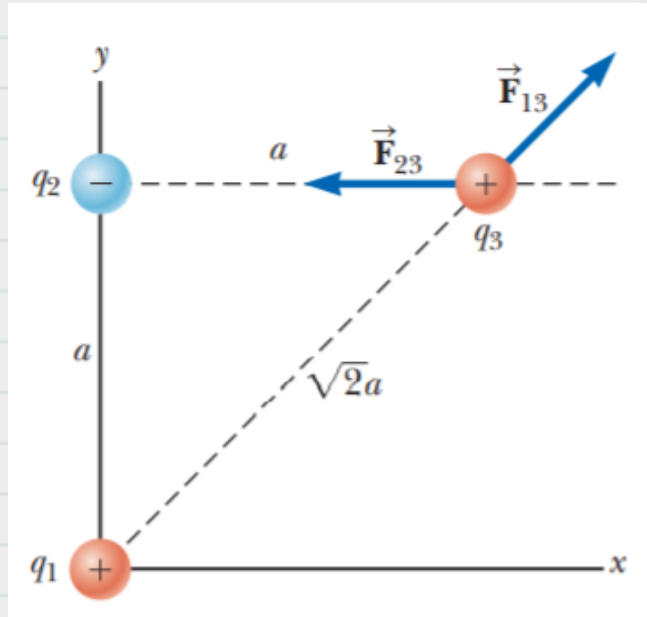
Nota: Las cargas de los electrones y protones se obtienen de la tabla de la diapositiva 5, clic en el botón siguiente para ir a la tabla

Clic → [diapositiva 5](#)

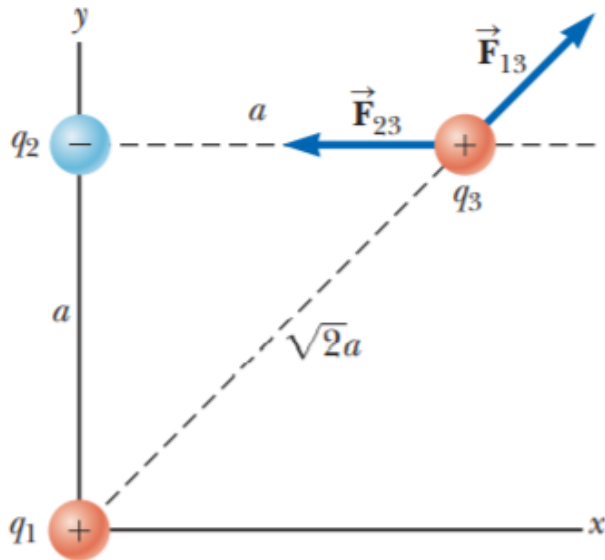
Ejemplo 2:

Considere tres cargas puntuales ubicadas en las esquinas de un triángulo rectángulo, como se muestra en la figura 22.8, donde $q_1 = q_3 = 5.0 \text{ mC}$, $q_2 = -2.0 \text{ mC}$ y $a = 0.100 \text{ m}$.

Encuentre la magnitud de las fuerzas que se ejercen sobre q_3 .



Ejemplo 2:

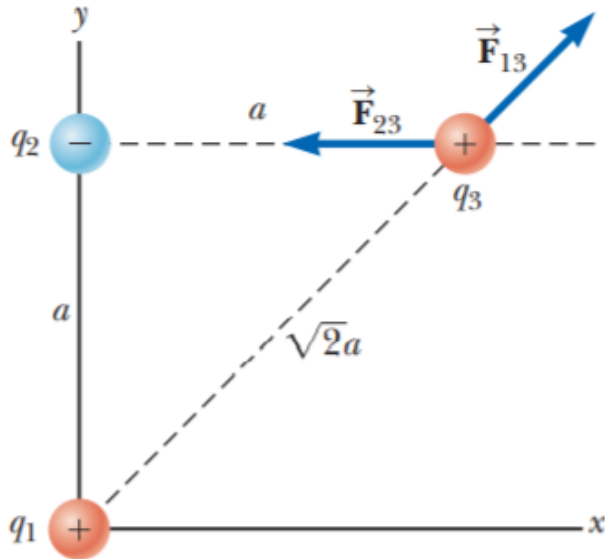


1

Piense en la fuerza neta sobre q_3 . Ya que la carga q_3 está cerca de otras dos cargas, experimentará dos fuerzas eléctricas.

Estas fuerzas se ejercen en diferentes direcciones como se ve en la figura. Basado en las fuerzas mostradas en la figura, estime la dirección del vector fuerza neta.

Ejemplo 2:



2

Piense en la fuerza neta sobre q_3 . Ya que la carga q_3 está cerca de otras dos cargas, experimentará dos fuerzas eléctricas.

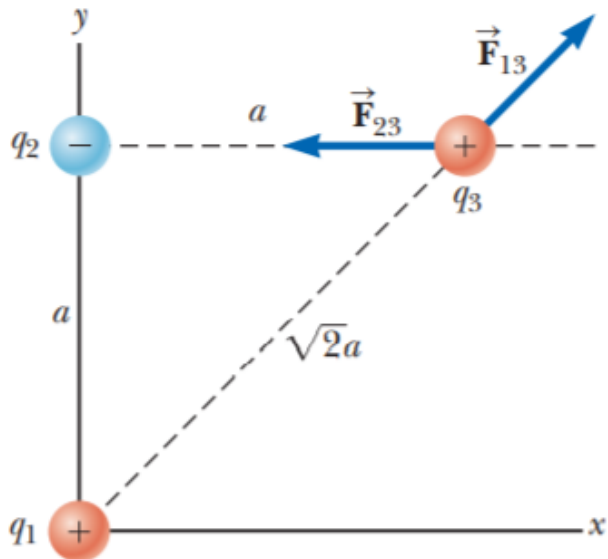
3

Encontrar la magnitud de F_{23} utilizando la siguiente ecuación:

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{a^2}$$

$$= (8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(2.00 \times 10^{-6} \text{ C})(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.100 \text{ m})^2} = 8.99 \text{ N}$$

Ejemplo 2:



4

Encontrar la magnitud de F_{13} utilizando la siguiente ecuación:

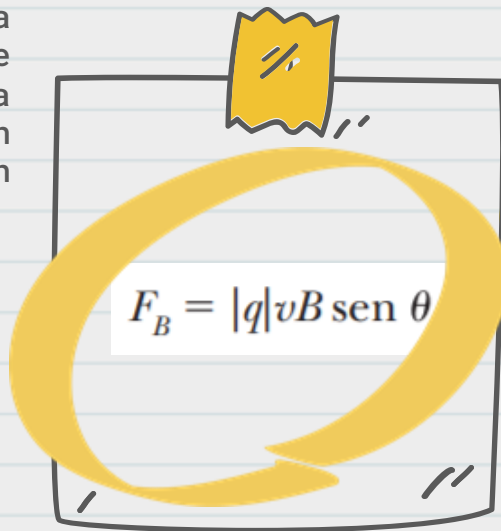
$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2} a)^2}$$

$$= (8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{2(0.100 \text{ m})^2} = 11.2 \text{ N}$$

Fuerza magnética sobre una partícula cargada

● FB: Magnitud de la fuerza magnética que se ejerce sobre una partícula cargada en movimiento en un campo magnético (N)

● V: Velocidad a la que se mueve la partícula a través del campo magnético (m/s)



● θ es el menor ángulo entre la velocidad de la partícula y el campo magnético

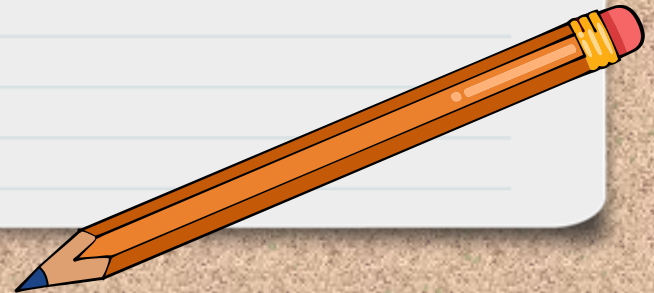
● B: Campo magnético (T)

● $|q|$: Magnitud de la carga de la partícula (C)

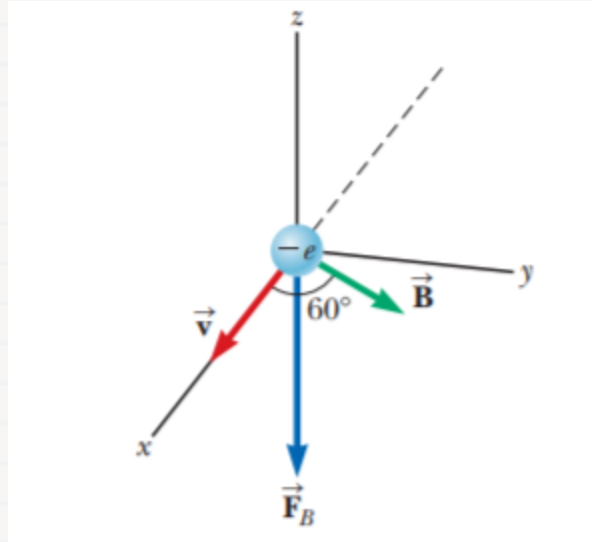
Ejemplo 3:

Un electrón se mueve a través del espacio como un rayo cósmico con una rapidez de 8.0×10^6 m/s a lo largo del eje x. En esta ubicación, el campo magnético de la Tierra tiene una magnitud de 0.050 mT, dirigidos en un ángulo de 60° con el eje x y se encuentran en el plano xy.

- Calcule la fuerza magnética sobre el electrón.



Ejemplo 3:



Recuerde que la fuerza magnética sobre una partícula cargada es perpendicular al plano formado por los vectores velocidad y campo magnético.

1

La fuerza magnética se evalúa utilizando la versión magnética del modelo de partícula en un campo.

$$F_B = |q|vB \sin \theta$$

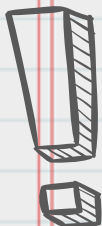
$$= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(8.0 \times 10^6 \text{ m/s})(5.0 \times 10^{-5} \text{ T})(\sin 60^\circ)$$

$$= 5.5 \times 10^{-17} \text{ N}$$

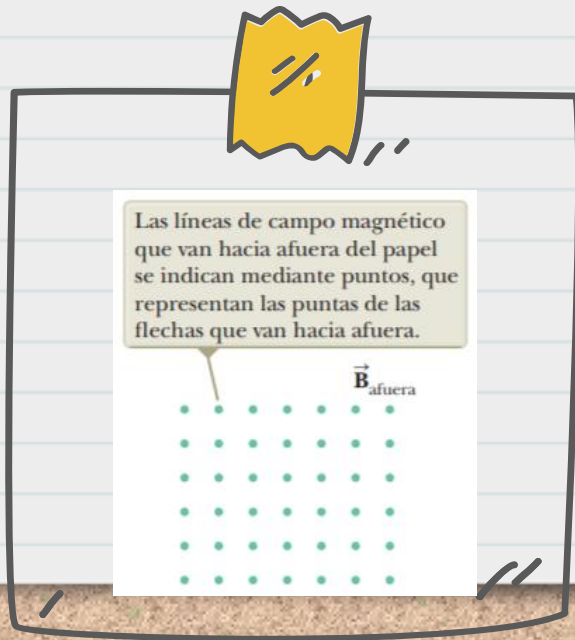
Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme



Si B se encuentra en el plano de la página o está presente en un dibujo en perspectiva, se usan vectores verdes o líneas de campo verdes con puntas de flechas, tal como se muestra en la figura.



En las ilustraciones que no están en perspectiva, se bosqueja un campo magnético perpendicular a y dirigido alejándose de la página con una serie de puntos verdes, que representan las puntas de flechas que vienen hacia usted (B fuera)



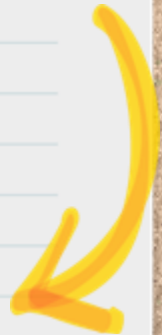
Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme

Si B se dirige perpendicularmente hacia adentro de la página, se usan cruces, que representan la colas emplumadas de las flechas disparadas alejándose de usted (B dentro)



Las líneas del campo magnético que van hacia el papel se indican mediante cruces, que representan las plumas de las flechas que van hacia adentro

\vec{B}_{adentro}

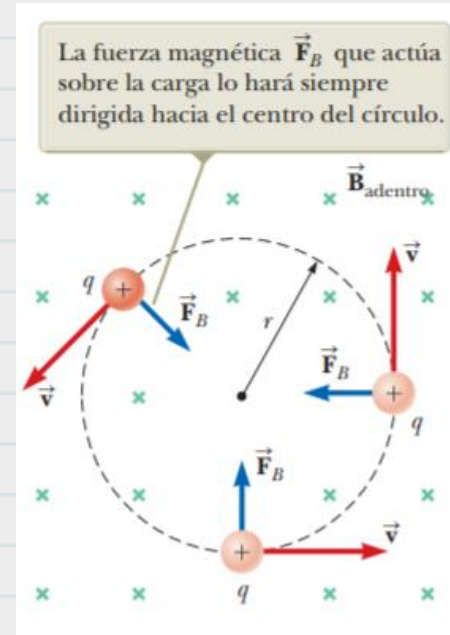


Partícula cargada en un campo magnético uniforme: movimiento circular

La partícula se mueve en círculo porque la fuerza magnética F , es perpendicular a V y B y tiene una magnitud constante igual a qvB .

Esto conduce a la siguiente ecuación para el radio de la trayectoria circular:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

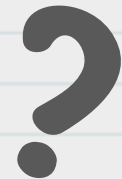


Ejemplo 4:

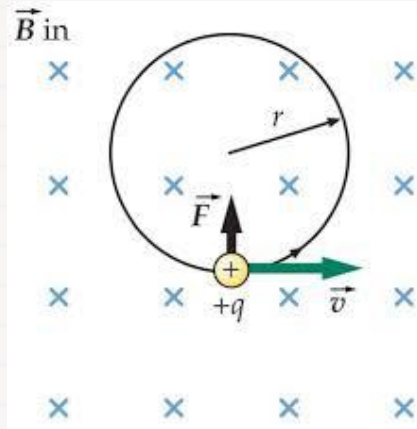
Un protón se mueve en una órbita circular de 14 cm de radio en un campo magnético uniforme de 0.35 T, perpendicular a la velocidad del protón.

- Encuentre la rapidez del protón.

Nota: El protón sigue una trayectoria circular cuando se mueve en un campo magnético uniforme. Además la rapidez más alta posible para una partícula es la de la luz, 3.00×10^8 m/s, por lo que la rapidez de la partícula en este problema debe ser menor que este valor.



Ejemplo 4:



1 El protón es descrito tanto por el modelo de partícula en un campo como por el modelo de partícula en movimiento circular uniforme

2

Se deben sustituir los valores conocidos en la ecuación

$$v = \frac{qBr}{m_p}$$

$$v = \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(0.35 \text{ T})(0.14 \text{ m})}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}$$

$$= 4.7 \times 10^6 \text{ m/s}$$

Referencias bibliográficas

(1) Escudero, J. *Apuntes de física de bachillerato*; Seminario de física y química: España, 2018.

(2) Romero, O. *Nueva física 11*; Santillana: Bogotá, 2008.

(3) Serway, R. *Física para ciencias e ingenierías*; Cengage: México, 2019.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

TCU-565

Apoyo y promoción de las ciencias
en la educación costarricense

VAS

Vicerrectoría
de Acción Social

ESCUELA DE
química