

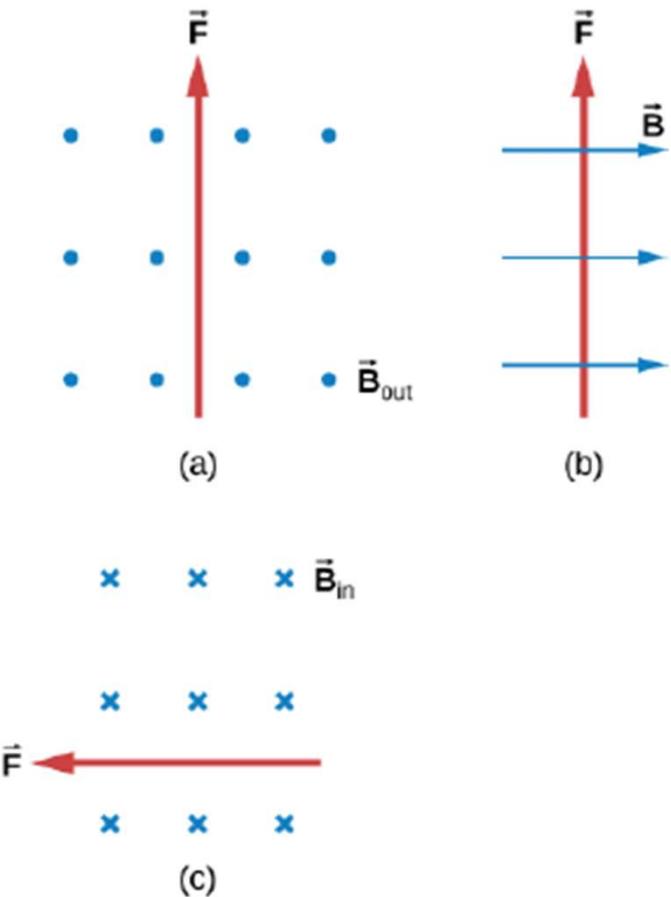
ANUNCIOS

Segunda evaluación corta: la realizaremos hoy sobre la hora 10:00.

Primer parcial: sábado 11 de octubre hora 14:30.



1-CUESTIONARIO RÁPIDO



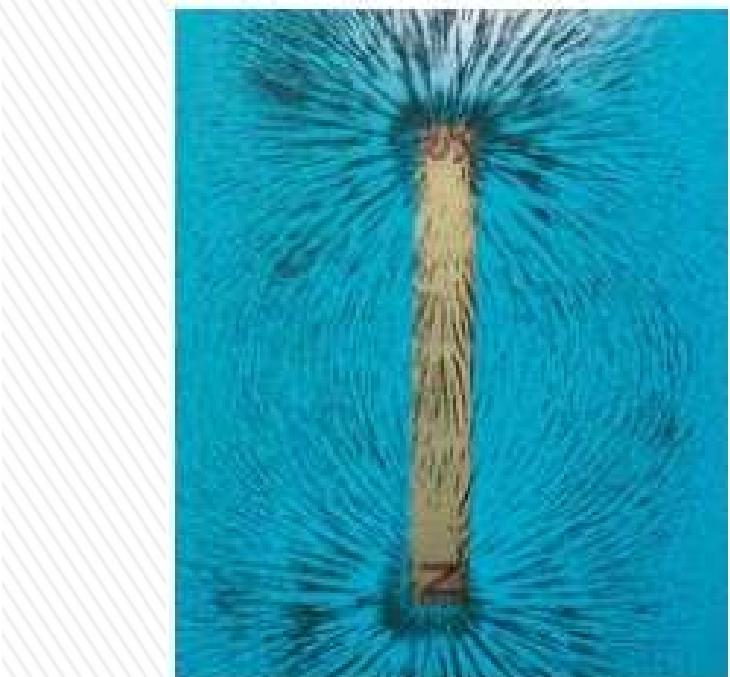
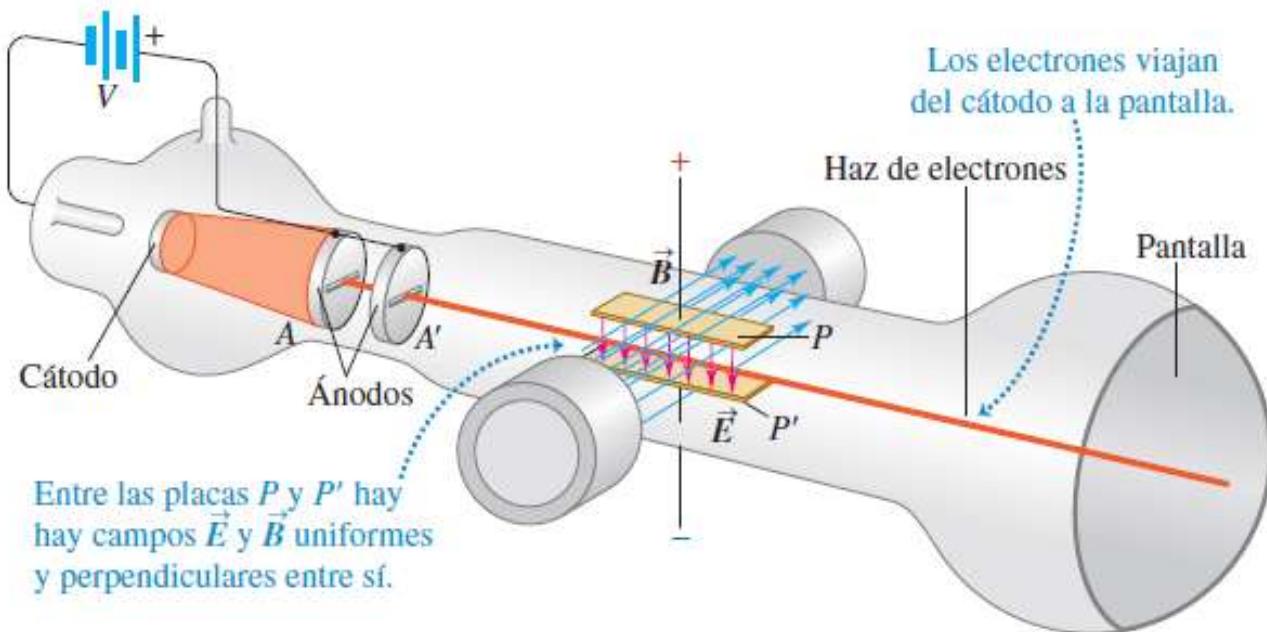
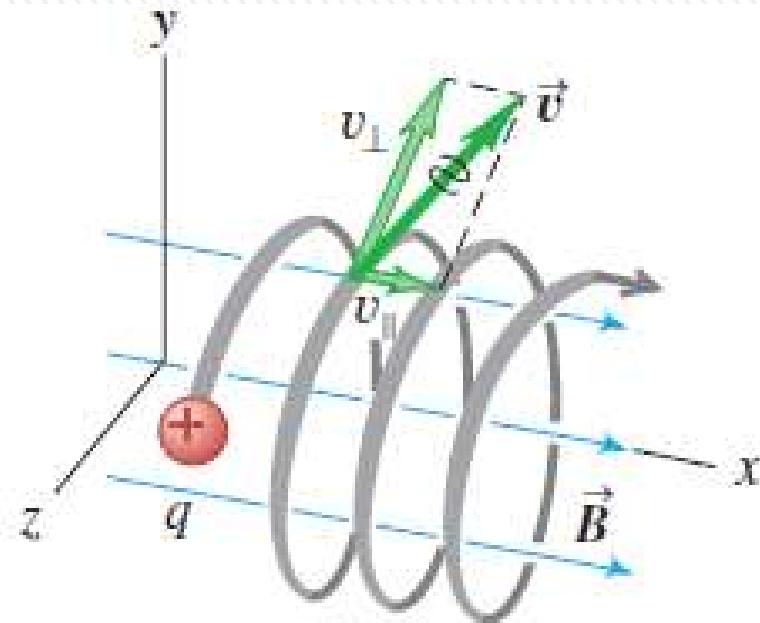
Determina dirección y sentido de la velocidad con que se mueven las distintas partículas en los siguientes casos:

- a) Protones
- b) Electrones
- c) Electrones.

Respuestas:

- a) Horizontal hacia la derecha.
- b) Entrante a la hoja.
- c) Vertical hacia arriba.

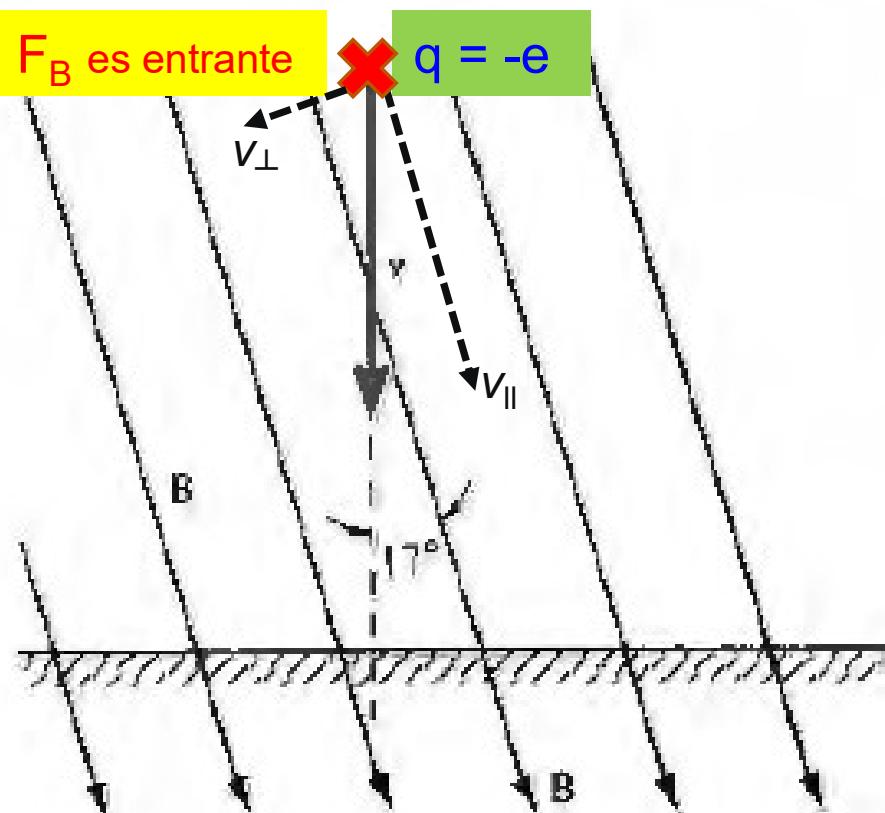
13- CAMPOS MAGNÉTICOS



EJEMPLO: ejercicio 3.1.1

En un punto sobre la superficie de la Tierra el campo magnético terrestre forma un ángulo de 17° con la vertical y tiene una magnitud de $5,8 \times 10^{-5}$ T.

- a) Halle la fuerza magnética sobre un electrón proveniente de los rayos cósmicos que se mueve verticalmente hacia abajo a $1,0 \times 10^5$ m/s.
- b) Halle el cociente entre la fuerza magnética y el peso del electrón.
- c) Si el campo eléctrico atmosférico en dicho lugar es vertical, entrante a la superficie terrestre y de una magnitud de 120 V/m ¿cuánto vale la fuerza eléctrica que actúa sobre el electrón y la fuerza resultante total?



EJEMPLO: ejercicio 3.1.1

En un punto sobre la superficie de la Tierra el campo magnético terrestre forma un ángulo de 17° con la vertical y tiene una magnitud de $5,8 \times 10^{-5}$ T.

- a) Halle la fuerza magnética sobre un electrón proveniente de los rayos cósmicos que se mueve verticalmente hacia abajo a $1,0 \times 10^5$ m/s.
- b) Halle el cociente entre la fuerza magnética y el peso del electrón.
- c) Si el campo eléctrico atmosférico en dicho lugar es vertical, entrante a la superficie terrestre y de una magnitud de 120 V/m ¿cuánto vale la fuerza eléctrica que actúa sobre el electrón y la fuerza resultante total?

$$a) \bar{F}_B = q\bar{v} \times \bar{B} = -e\bar{v} \times \bar{B}$$

$$F_B = evB \sin \theta = (1,60 \times 10^{-19})(1,0 \times 10^5)(5,8 \times 10^{-5}) \sin 17^\circ = 2,71 \times 10^{-19} N$$

$F_B = 2,7 \times 10^{-19} N$

Esta fuerza es perpendicular al plano que forman \mathbf{v} y \mathbf{B}

b) masa del electrón: $9,11 \times 10^{-31}$ kg $W=mg=(9,11 \times 10^{-31}) \times 9,8 = 8,93 \times 10^{-30} N$

$$\frac{F_B}{W} = \frac{2,71 \times 10^{-19}}{8,93 \times 10^{-30}} = 3,03 \times 10^{10}$$

$F_B = 3,0 \times 10^{10} mg$

c) Fuerza eléctrica: $F_E = eE = (1,60 \times 10^{-19})(120) = 1,92 \times 10^{-17} N$

$F_E = 1,9 \times 10^{-17} N$ (vertical hacia arriba)

Como F_B y F_E son perpendiculares, la resultante valdrá

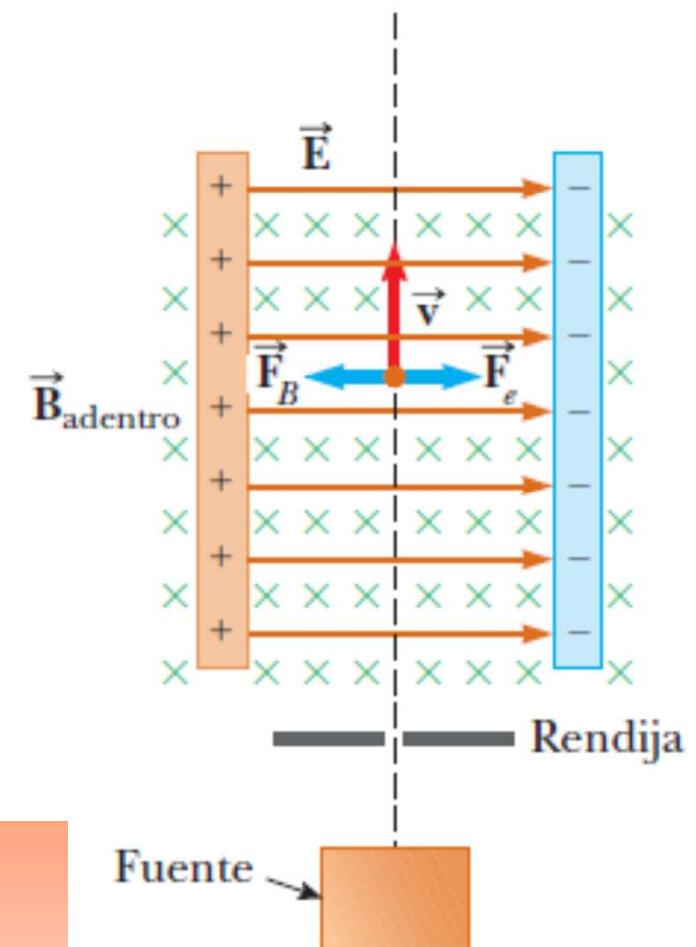
$$F = \sqrt{F_B^2 + F_E^2} = \sqrt{(2,71 \times 10^{-19})^2 + (3,03 \times 10^{-17})^2} = 1,92 \times 10^{-17} N$$

Selector de velocidad

Cuando una partícula con carga positiva se mueve con velocidad v ante la presencia de un campo magnético dirigido hacia la página y un campo eléctrico dirigido hacia la derecha, experimenta una fuerza eléctrica qE hacia la derecha y una fuerza magnética $qvxB$ hacia la izquierda.

$$F_E = F_B \Rightarrow qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$



Solo las partículas con rapidez igual a E/B pasan sin ser desviadas por los campos.

Un selector de velocidad para partículas con carga positiva también funciona para electrones u otras partículas cargadas negativamente

Espectrómetros de masas

1919 Francis Aston – permitió descubrir isótopos de distintos elementos.

Iones positivos de una fuente pasan a través de las ranuras S_1 y S_2 para formar un haz estrecho.

Pasan a través de selector de velocidad con campos E y B cruzados (iones con rapidez $v = E/B$).

Por último, los iones pasan hacia una región con un campo magnético perpendicular a la figura, donde se mueven en arcos circulares con radio $R = mv/qB'$.

Los iones con masas diferentes golpean al detector en diferentes puntos, y se miden los valores de R . Se supone que cada ion perdió un electrón, por lo que la carga neta de cada ion es simplemente $+e$.

Con todos los parámetros conocidos en esta ecuación, excepto m , se calcula la masa m del ion.

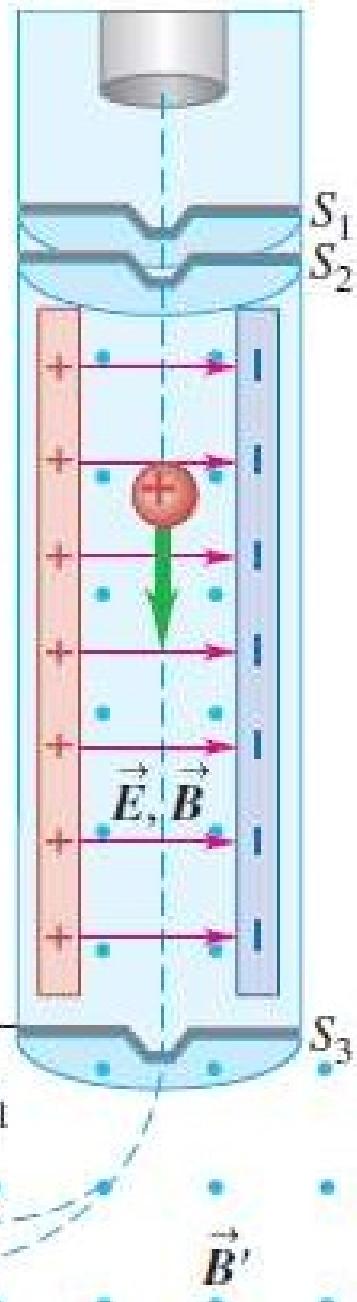
$$R = \frac{mv}{qB'} = \frac{m}{qB'} \frac{E}{B}$$

$$m = \frac{qBB'R}{E}$$

El selector de velocidad elige las partículas con rapidez v .

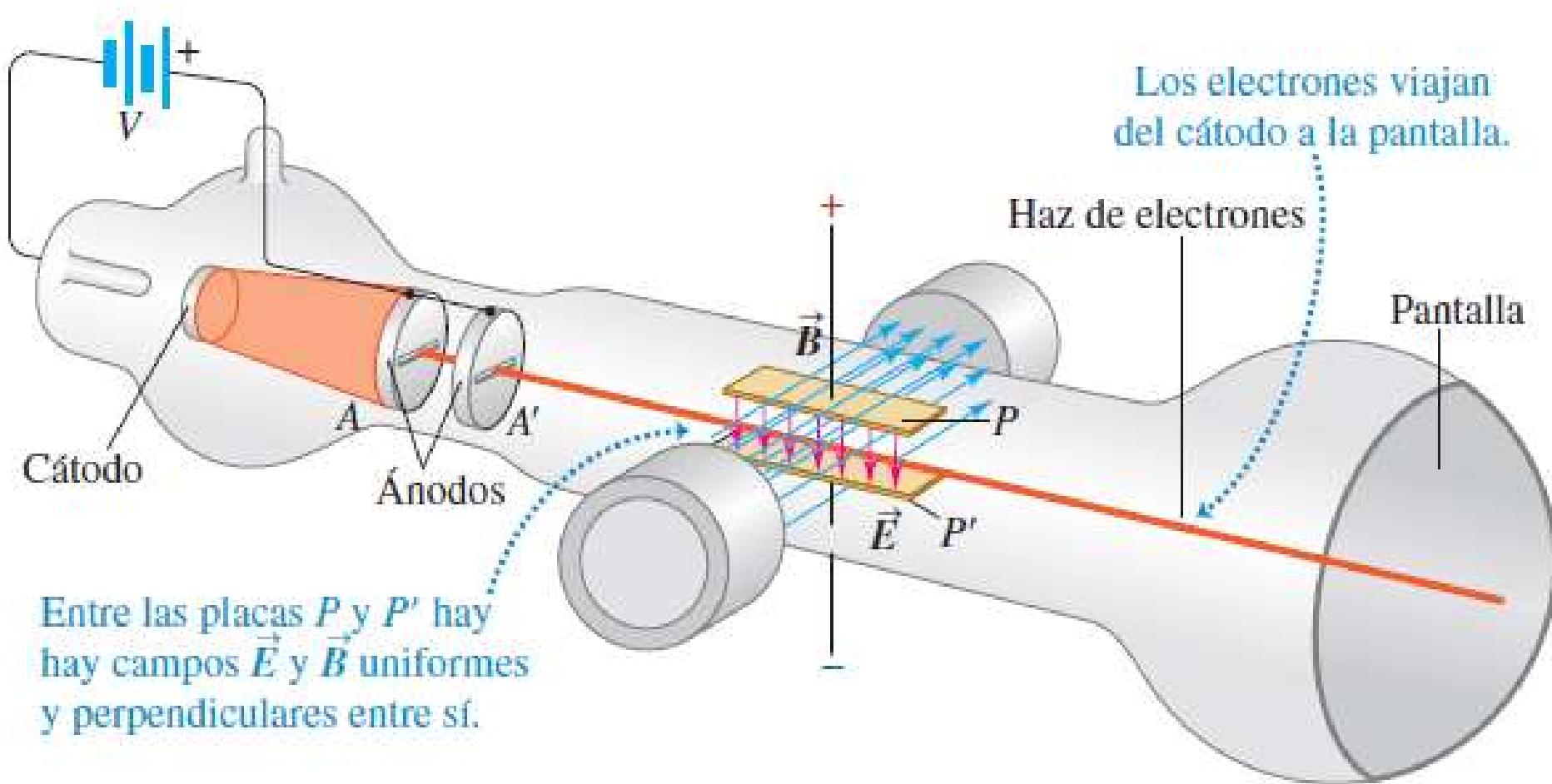
Detector de partículas

R_1
 R_2



El campo magnético separa las partículas por masa; cuanto más grande sea la masa de una partícula, mayor será el radio de su trayectoria.

Experimento de e/m de Thomson



En 1897 J.J. Thomson realizó uno de los experimentos cruciales de la física basándose en la idea anterior y midió la razón e/m que hay entre la carga y la masa del electrón a través de la emisión de “rayos catódicos”. En un contenedor de vidrio al alto vacío se aceleraron electrones provenientes de un cátodo caliente, para formar un haz mediante una diferencia de potencial V entre los dos ánodos A y A' . La rapidez v de los electrones estaba determinada por el potencial acelerador V .

Experimento de e/m de Thomson

La energía cinética ganada era igual a la pérdida de energía potencial eléctrica eV:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

Los electrones pasan entre las placas P y P' y chocan contra la pantalla al final del tubo, que está recubierto de un material que emite fluorescencia (brilla) en el lugar del impacto.

Cuando se satisface la ecuación $vB = E$, los electrones viajan en línea recta entre las placas; al combinar esto con la ecuación anterior, se obtiene

Despejando e/m: $\frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$

$$E = B \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

Todas las cantidades del lado derecho se pueden medir, así que se determina la razón e/m entre la carga y la masa.

El aspecto más significativo de las mediciones de e/m de Thomson fue que descubrió un valor único para tal cantidad, el cual no dependía del material del cátodo, ni del gas residual en el tubo ni de algo más en el experimento.

Esta independencia demostró que las partículas en el haz de los “rayos catódicos” que ahora llamamos electrones, son un componente común de toda la materia.

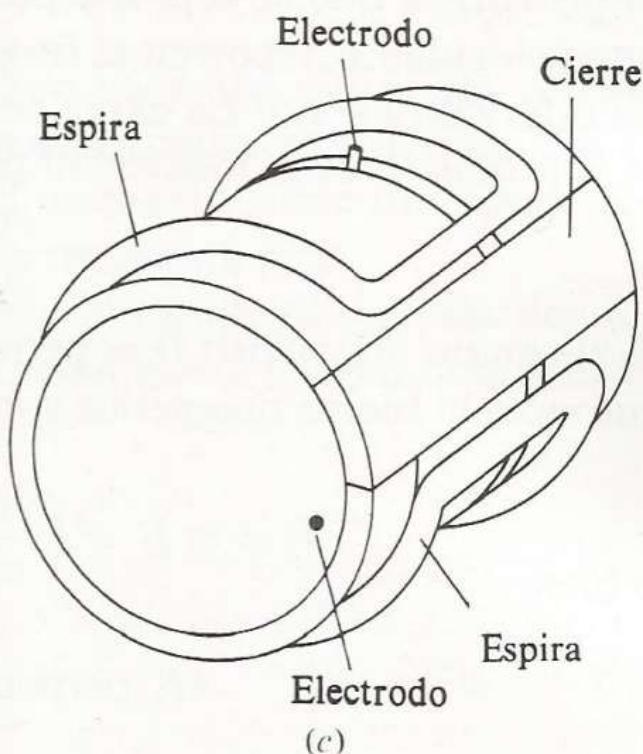
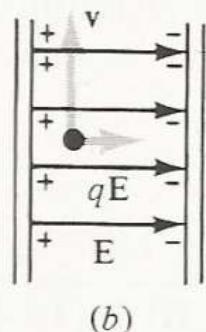
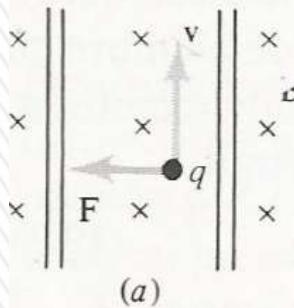
J.J. Thomson tiene el crédito por descubrir la primera partícula subatómica: el electrón

MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS DE FLUJO

Utilizan la fuerza sobre las cargas que se mueven en un campo magnético para medir flujos sanguíneos.

No necesitan insertar ninguna sonda en los vasos sanguíneos y pueden emplearse para flujos turbulentos.

Se aplica un campo magnético B perpendicular al flujo de sangre. Sobre los iones que se desplazan a una velocidad media v se origina una fuerza magnética (qvB) que deposita los iones en lados opuestos. Las cargas se acumulan en las paredes del vaso sanguíneo.

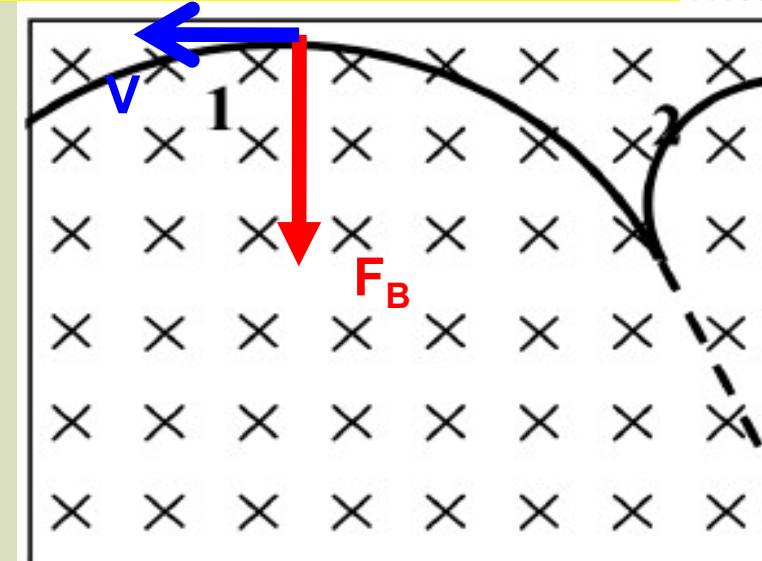


- a) Cuando el campo magnético **B** está dirigido hacia la página, la fuerza magnética sobre un ion positivo se dirige hacia la izquierda.
- b) Las cargas se acumulan en las paredes produciendo un campo eléctrico **E** que ejerce sobre un ion positivo una fuerza hacia la derecha. En el equilibrio la fuerza eléctrica contrarresta la fuerza magnética.
- c) La arteria se inserta en un manguito metálico abriendo un cierre. El campo magnético viene suministrado por la corriente en una sola espira.
El voltaje que se mide entre los electrodos es proporcional a la velocidad y por tanto caudal.

EJEMPLO: ejercicio 3.1.6

Una partícula neutra choca con un átomo de hidrógeno en reposo que se encuentra en un campo magnético uniforme, disociándolo en un electrón y un protón. En la figura, la trayectoria de la partícula neutra está indicada por la línea quebrada, y las trayectorias de las partículas cargadas están indicadas por los arcos 1 y 2.

- a) ¿Cuál de las trayectorias corresponde al protón y cuál al electrón?
- b) ¿Cuál de los dos tiene mayor cantidad de movimiento?
- c) Exprese el cociente entre las velocidades de las partículas en función de los radios de ambas trayectorias.



a) Analizando la curvatura 1, deducimos que corresponde al protón, ya que debe tener carga positiva, la 2 corresponde al electrón.

b) $R = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$ qB es constante, el de mayor p , es el que tiene R mayor.
Por tanto el protón tiene mayor cantidad de movimiento.

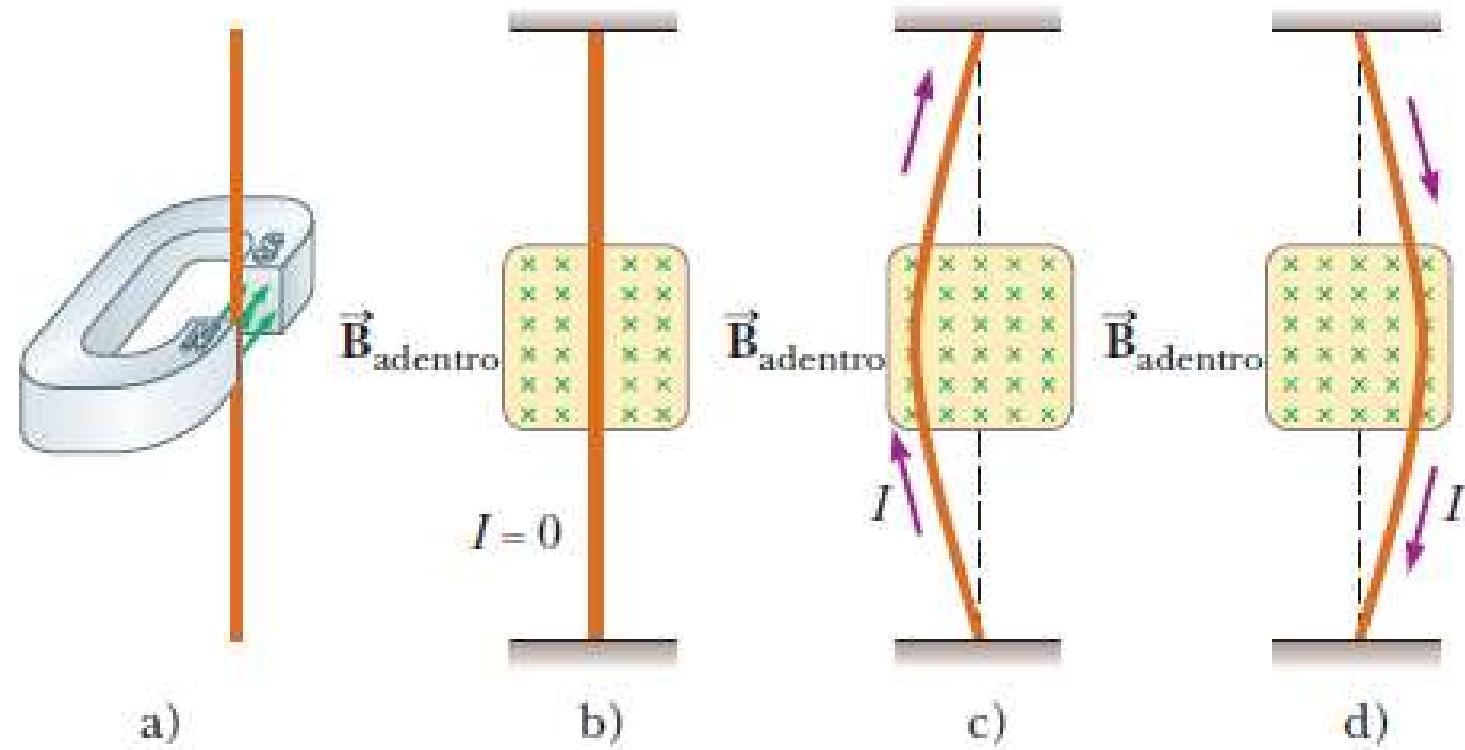
$$c) v = \frac{qBR}{m}$$

$$v_p = \frac{qBR_p}{m_p} \quad v_e = \frac{qBR_e}{m_e}$$

$$\frac{v_p}{v_e} = \frac{qBR_p}{m_p} \frac{m_e}{qBR_e} = \frac{m_e R_p}{m_p R_e}$$

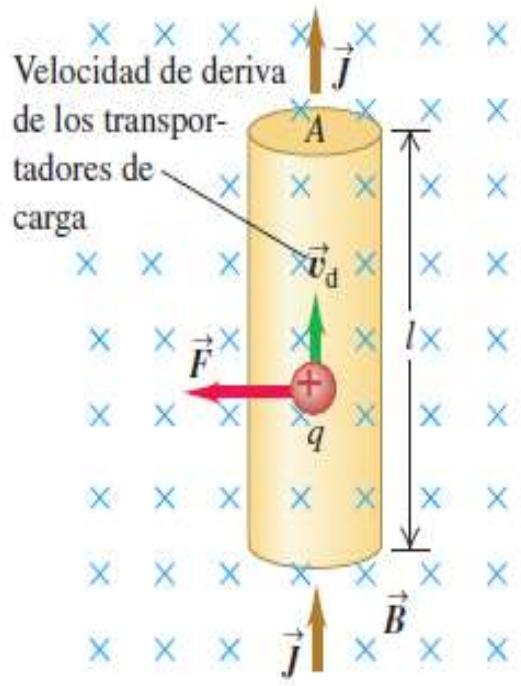


Fuerza magnética que actúa sobre un conductor que transporta corriente



- a) Alambre suspendido verticalmente entre los polos de un imán.
- b) El campo magnético (cruces verdes) se dirige hacia adentro de la página. Cuando no existe corriente en el alambre, éste sigue vertical.
- c) Cuando la corriente se dirige hacia arriba, el alambre se flexiona hacia la izquierda.
- d) Cuando la corriente se dirige hacia abajo, el alambre se flexiona hacia la derecha.

Fuerza magnética sobre un conductor que transporta corriente



Segmento rectilíneo alambre conductor, de longitud l y área A ; la corriente I va de abajo hacia arriba.

Campo magnético uniforme \mathbf{B} perpendicular al plano del diagrama y dirigido hacia el plano.

Suponemos que las cargas móviles son positivas.

Velocidad de deriva \mathbf{v}_d es hacia arriba, perpendicular a \mathbf{B} . Fuerza media sobre cada carga es dirigida a la izquierda y como \mathbf{B} y \mathbf{v}_d son perpendiculares: $F = q \mathbf{v}_d \mathbf{B}$.

Fuerza sobre todos los portadores del segmento del alambre: n número de cargas por unidad de volumen volumen del segmento : Al , Número de cargas igual a nAl .

$$\text{Como } I = nqv_d A : F = IlB$$

$$F = (nAl)(qv_d B) = (nqv_d A)(lB)$$

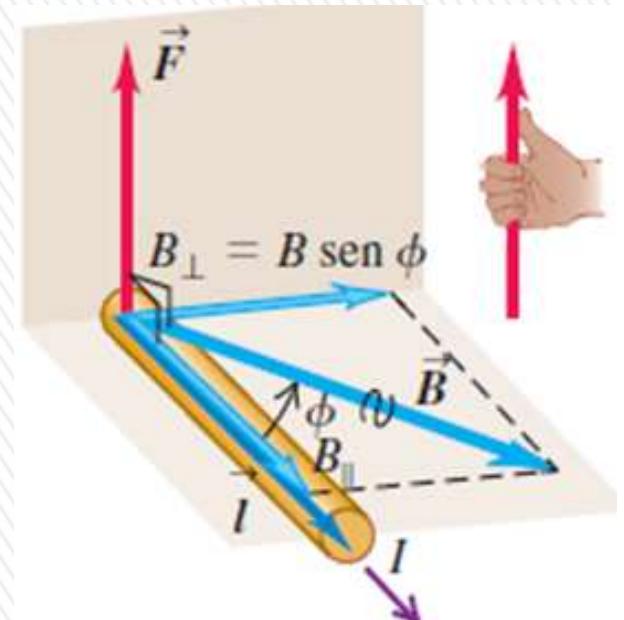
Si \mathbf{B} no es perpendicular al alambre, forma un ángulo Φ con él, solo la componente de \mathbf{B} perpendicular al alambre ejerce una fuerza; tal componente es $B_{\perp} = B \operatorname{sen} \Phi$:

$$F = IlB_{\perp} = ilB \operatorname{sen} \Phi$$

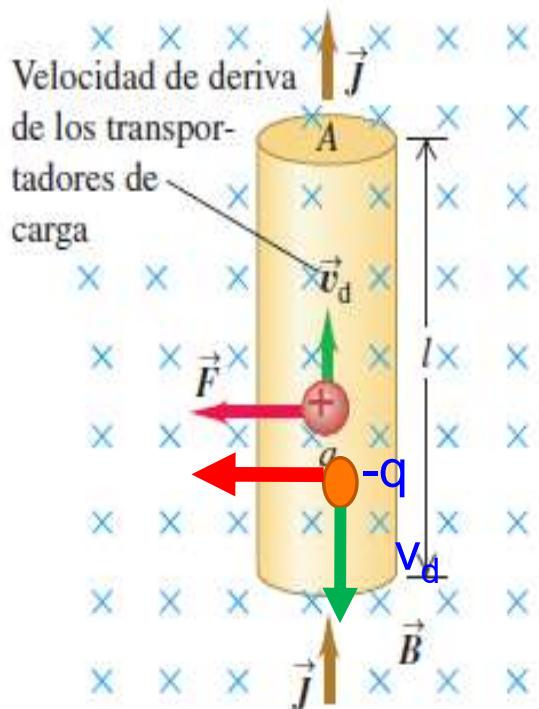
Si el segmento de alambre se representa con un vector \mathbf{l} a lo largo del alambre y en el sentido de la corriente:

$$\bar{F} = \bar{I}\bar{l} \times \bar{B}$$

$$F = BiL \operatorname{sen} \phi$$



Fuerza magnética sobre un conductor que transporta corriente



¿Qué sucede cuando las cargas móviles son negativas, como los electrones en un metal?

Una corriente ascendente corresponde a una velocidad de deriva descendente.

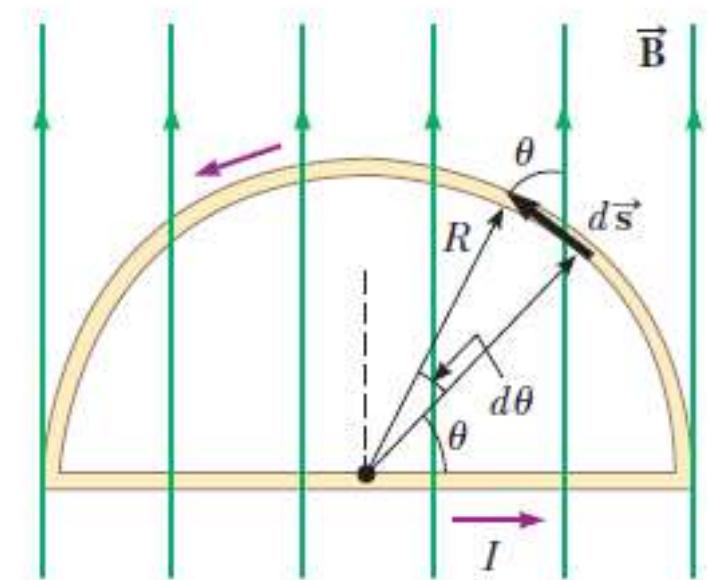
Pero como q ahora es negativa, el sentido de la fuerza es la misma que antes.

Las ecuaciones son válidas para cargas tanto positivas como negativas, e incluso cuando los dos signos de carga están presentes a la vez.

Se puede probar que en general que:

La fuerza magnética sobre un alambre portador de corriente curvo en un campo magnético uniforme es igual a la de un alambre recto que conecta los puntos finales y porta la misma corriente.

La fuerza magnética neta que actúa sobre cualquier espira de corriente cerrado en un campo magnético uniforme es cero.

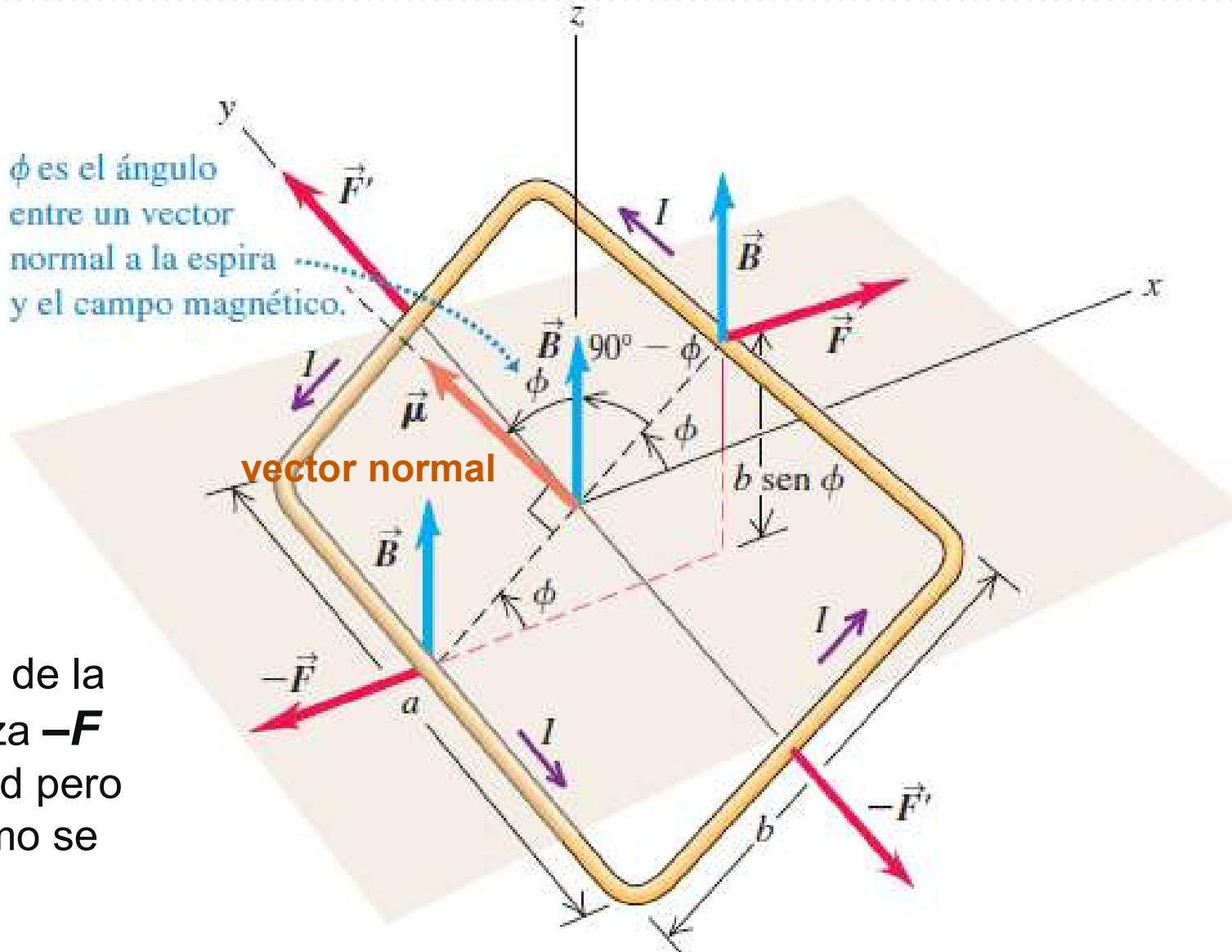


Fuerza y torque en una espira de corriente

Espira rectangular que transporta corriente I , de lados a y b , en \mathbf{B} uniforme. \mathbf{B} forma un ángulo Φ con la normal al plano de la espira.

La fuerza \mathbf{F} sobre el lado derecho de la espira (longitud a) va *hacia la derecha*, según $+x$,
En este lado, \mathbf{B} es perpendicular a la dirección de la corriente, y la fuerza sobre este lado tiene magnitud: $F = I.a.B$.

Sobre el lado opuesto de la espira actúa una fuerza $-\mathbf{F}$ con la misma magnitud pero sentido contrario, como se observa en la figura.



Fuerza y torque en una espira de corriente

Los lados de longitud b forman un ángulo ($90^\circ - \phi$) con la dirección de \vec{B} , y las fuerzas son \vec{F}' y $-\vec{F}'$

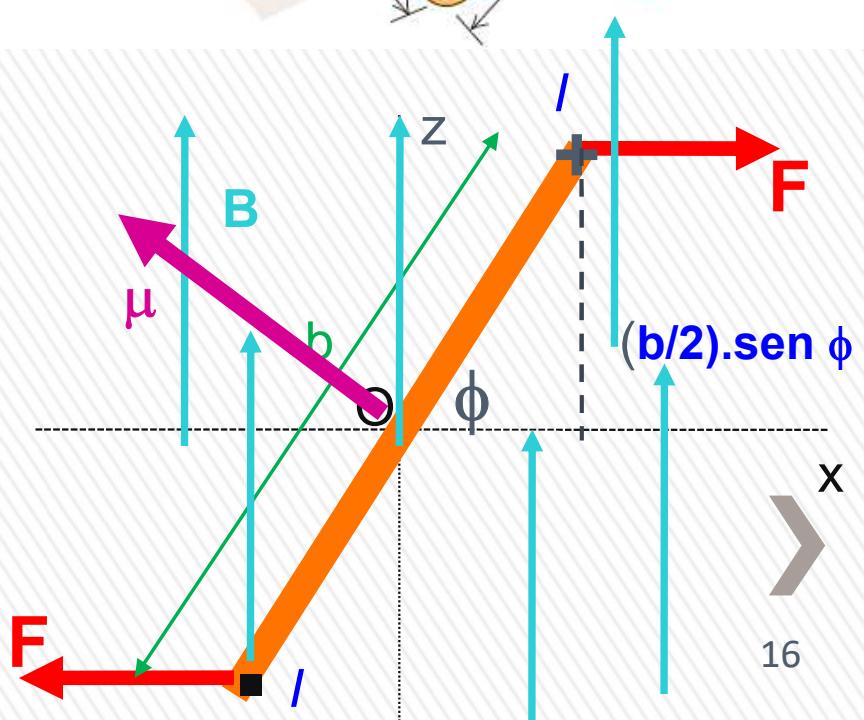
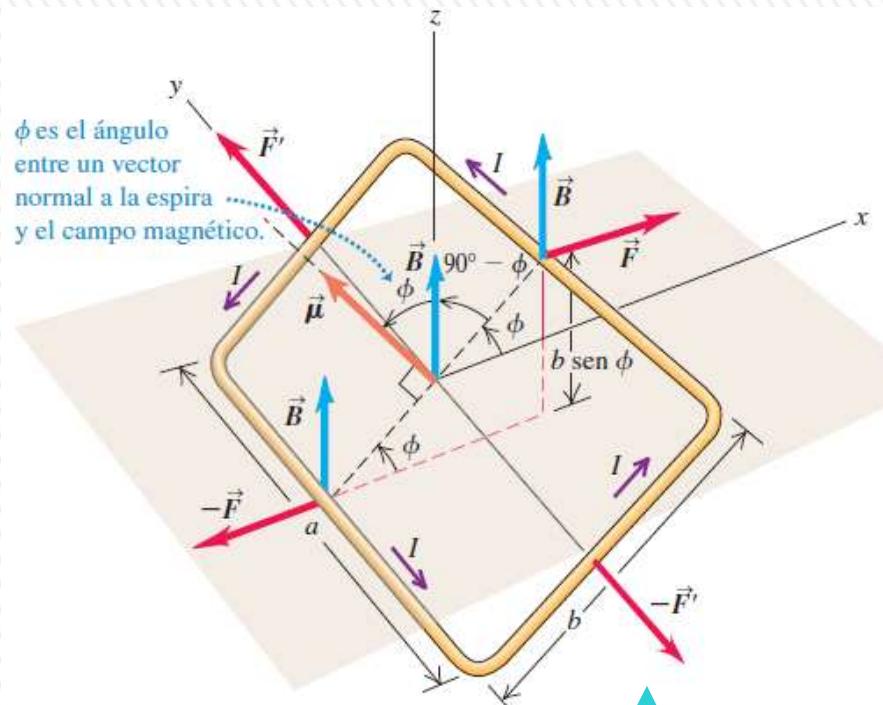
$$F' = IbB\sin(90^\circ - \phi) = IbB\cos\phi$$

con dirección según el eje y .

La fuerza total en la espira es igual a cero porque las fuerzas en lados opuestos se cancelan por pares.

La fuerza neta sobre una espira de corriente en un campo magnético uniforme es igual a cero.

Sin embargo, veremos que el torque neto, en general, no es igual a cero.



Fuerza y torque en una espira de corriente

\mathbf{F}' y $-\mathbf{F}'$ están en la misma línea, por lo que originan un torque neta igual a cero con respecto a cualquier punto.

\mathbf{F} y $-\mathbf{F}$ quedan a lo largo de distintas líneas de acción, y cada una origina un torque con respecto al eje y , con sentido $+y$.

El brazo de palanca para cada una de estas fuerzas es $(b/2)\sin\Phi$.

$$\tau = 2F \left(\frac{b}{2}\right) \sin\Phi = (IBa)(b \sin\Phi)$$

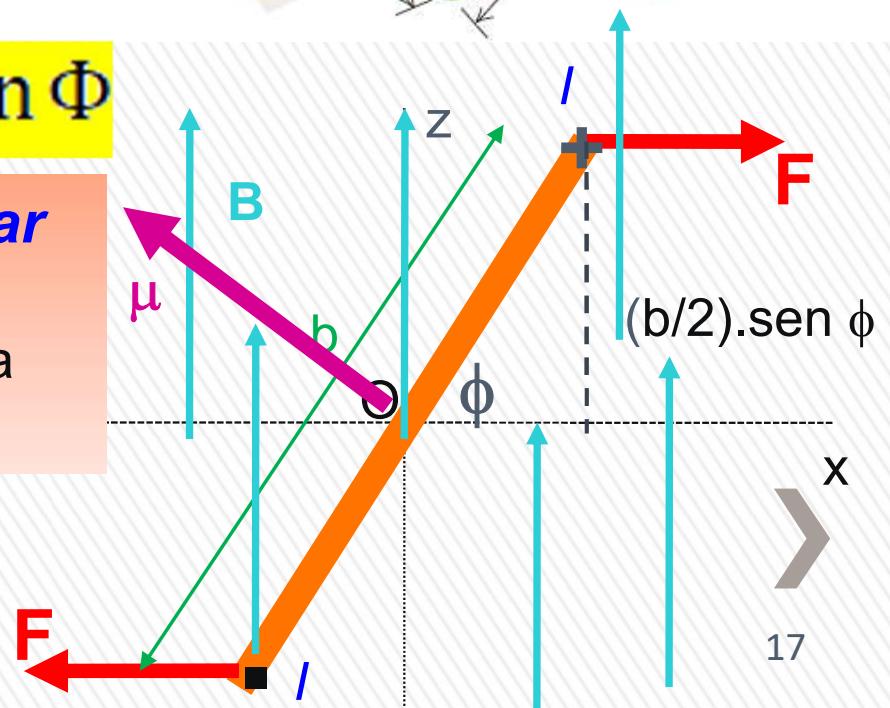
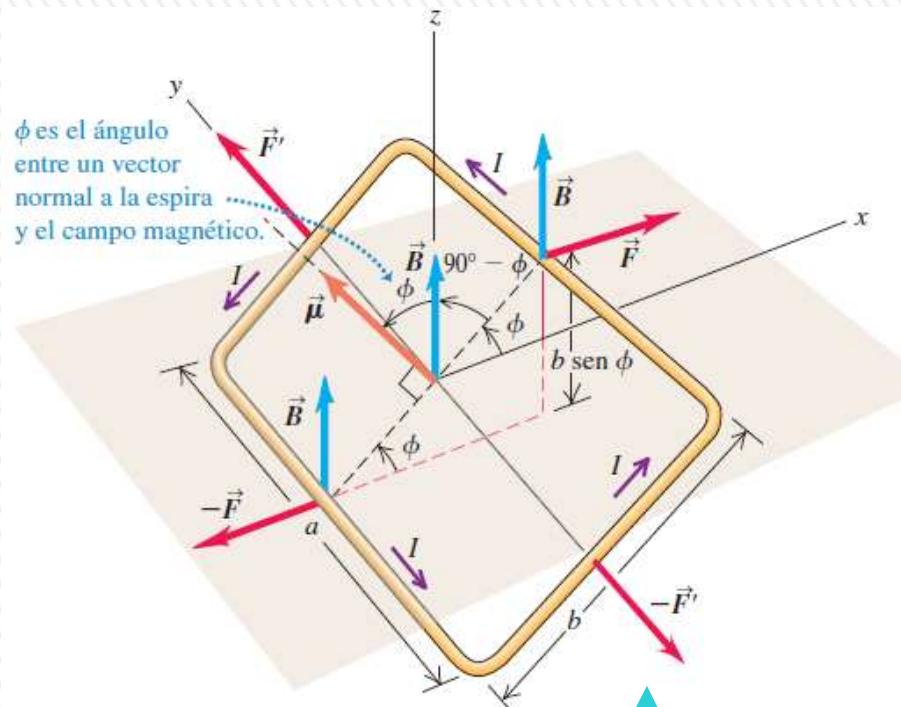
Área de la espira: $A=a.b$

$$\tau = IBA \sin\Phi$$

El producto IA se denomina **momento dipolar magnético** o **momento magnético** de la espira, el cual se denota con el símbolo μ (letra griega mu).

$$\mu = IA$$

$$\tau = \mu B \sin\Phi$$

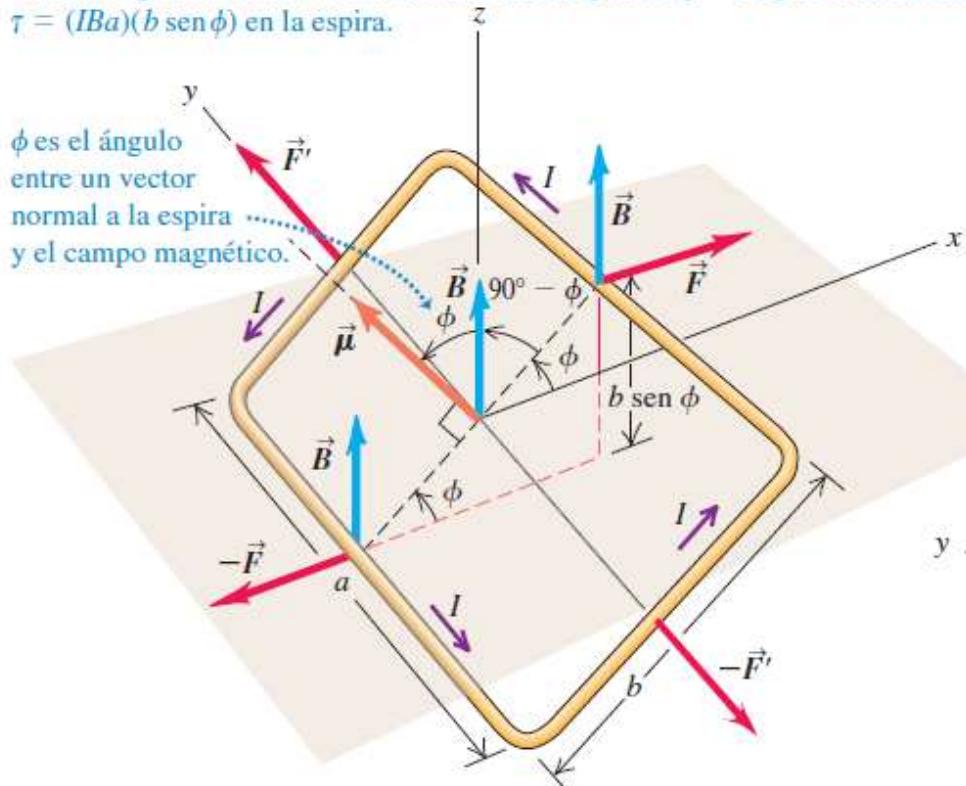


Fuerza v torque en una espira de corriente

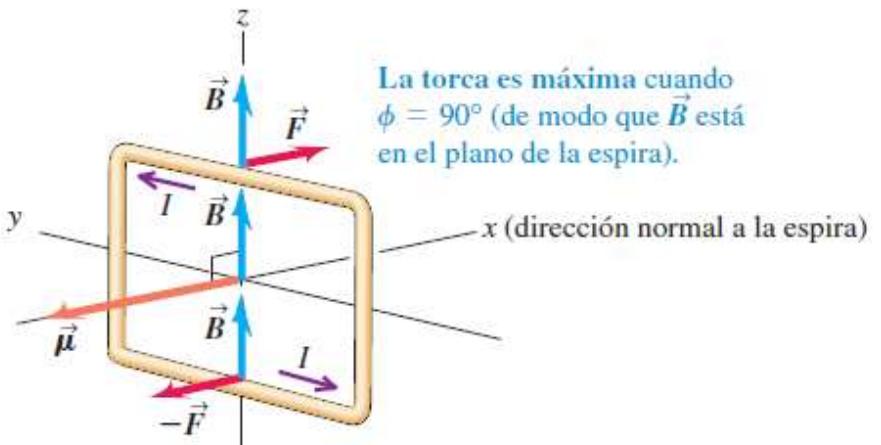
a)

Los dos pares de fuerzas que actúan sobre la espira se cancelan, por lo que no hay fuerza neta que actúe sobre ella.

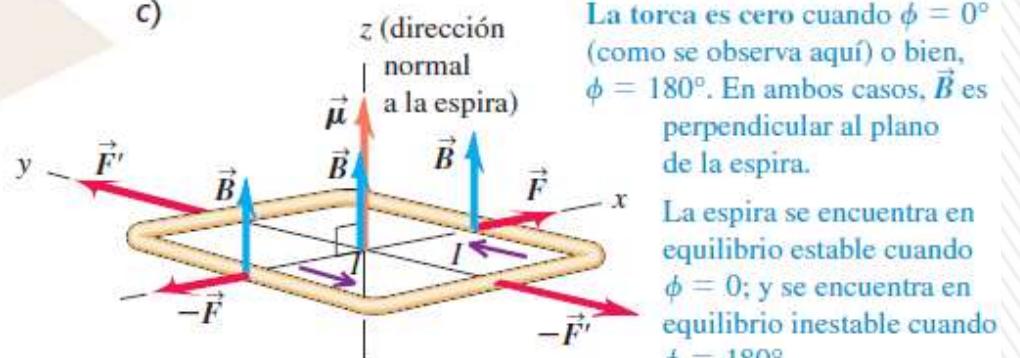
Sin embargo, las fuerzas en los lados a de la espira (\vec{F} y $-\vec{F}$) producen una torca $\tau = (IBa)(b \sin \phi)$ en la espira.



b)



c)



donde Φ es el ángulo entre la normal a la espira (dirección del área vectorial \mathbf{A}) y \mathbf{B} .

$$\tau = \mu B \sin \Phi$$

En forma vectorial:

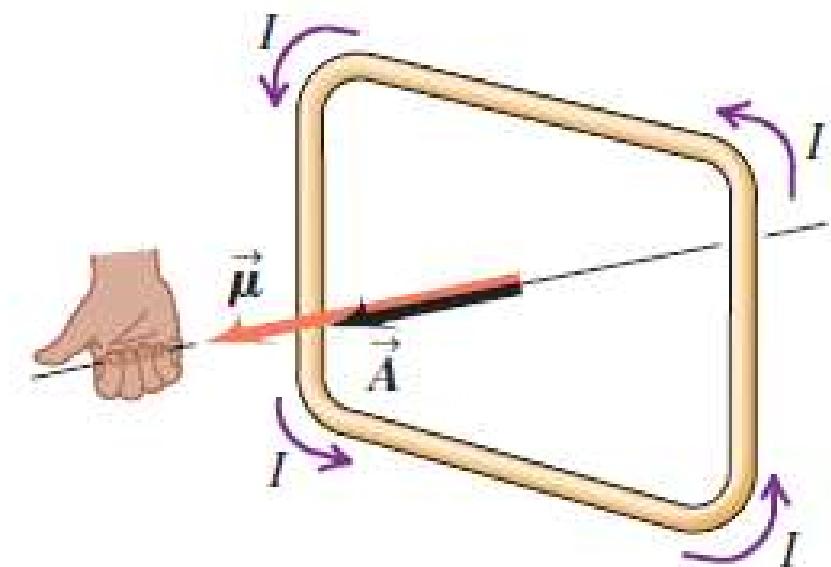
$$\bar{\tau} = \bar{\mu} \times \bar{B}$$

El torque tiende a hacer girar la espira en la dirección en que *disminuye* Φ , es decir, hacia su posición de equilibrio estable donde la espira queda en el plano xy *perpendicular* a la dirección del campo.

Fuerza y torque en una espira de corriente

$$\bar{\tau} = \bar{\mu} \times \bar{B}$$

Una espira de corriente, o cualquier otro cuerpo que experimenta un torque magnético dada por la ecuación anterior también recibe el nombre de **dipolo magnético**.



Regla de la mano derecha para determinar μ

