

MAGNETISMO

[Método y recomendaciones](#)● Carga en un campo magnético

1. Un protón acelerado por una diferencia de potencial de 5000 V penetra perpendicularmente en un campo magnético uniforme de 0,32 T. Calcula:
- La velocidad del protón.
 - El radio de la órbita que describe.
 - El número de vueltas que da en 1 segundo.
 - ¿Qué campo eléctrico \vec{E} hay que aplicar para que la carga no sufra ninguna desviación?
- Datos: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, $q_p = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C (Haz un dibujo del problema)

*Problema modelo basado en P.A.U. Jun. 05***Rta.:** a) $v = 9,79 \cdot 10^5$ m/s; b) $R = 3,2$ cm; c) $N = 4,9 \cdot 10^6$ vueltas/s; d) $E = 3,13 \cdot 10^5$ N/C**Datos**

Potencial de aceleración

Valor de la intensidad del campo magnético

Carga del protón

Ángulo entre la velocidad del protón y el campo magnético

Masa del protón

Tiempo para calcular el número de vueltas

Incógnitas

Velocidad del protón

Radio de la trayectoria circular

Número de vueltas que da en 1 s

Campo eléctrico para que la carga no sufra ninguna desviación

Otros símbolos

Valor de la fuerza magnética sobre el protón

Período del movimiento circular

Energía (cinética) del protón

Cifras significativas: 3 $V = 5000 \text{ V} = 5,00 \cdot 10^3 \text{ V}$ $B = 0,320 \text{ T}$ $q = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $\varphi = 90^\circ$ $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $t = 1,00 \text{ s}$ v R N E F_B T E_c

Trabajo del campo eléctrico

Trabajo de la fuerza resultante

Energía cinética

Fuerza \vec{F}_E ejercida por un campo electrostático \vec{E} sobre una carga q $W(\text{eléctrico}) = q \cdot \Delta V$ $W = \Delta E_c$ $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ $\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$ **Solución:**

a) Para calcular la velocidad tenemos que tener en cuenta que al acelerar el protón con una diferencia de potencial (suponemos que desde el reposo), este adquiere una energía cinética:

$$W(\text{eléctrico}) = q \cdot \Delta V = \Delta E_c = \frac{1}{2} m_p v^2 - \frac{1}{2} m_p v_0^2$$

Si parte del reposo, $v_0 = 0$. La velocidad final es:

$$v = \sqrt{\frac{2q \cdot \Delta V}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 5,00 \cdot 10^3 [\text{V}]}{1,67 \cdot 10^{-27} [\text{kg}]}} = 9,79 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) Como solo actúa la fuerza magnética:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_B$$

El protón describe una trayectoria circular con velocidad de valor constante, por lo que la aceleración solo tiene componente normal a_N ,

$$F_B = m \cdot a = m \cdot a_N = m \frac{v^2}{R}$$

Usando la expresión de la ley de Lorentz (en módulos) para la fuerza magnética

$$|q| \cdot B \cdot v \cdot \sin \varphi = m \frac{v^2}{R}$$

Despejando el radio R

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B \cdot \sin \varphi} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} [\text{kg}] \cdot 9,79 \cdot 10^5 [\text{m/s}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 0,320 [\text{T}] \cdot \sin 90^\circ} = 3,19 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,19 \text{ cm}$$

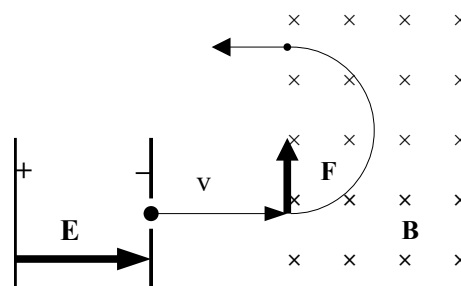
Análisis: el radio tiene un valor aceptable, unos centímetros.

c) Despejando el período

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,19 \cdot 10^{-2} [\text{m}]}{9,79 \cdot 10^5 [\text{m/s}]} = 2,05 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

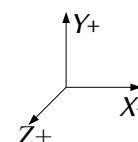
El número de vueltas en 1 s será:

$$N = 1,00 [\text{s}] \cdot \frac{1 \text{ vuelta}}{2,05 \cdot 10^{-7} [\text{s}]} = 4,88 \cdot 10^6 \text{ vueltas}$$



Análisis: Si el protón entra en un campo magnético, al describir media circunferencia saldrá de él, por lo que en realidad solo daría media vuelta en un tiempo de $T/2 = 1,03 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ y saldría a una distancia de $2R = 6,4 \text{ cm}$ del punto de entrada.

d) Tomando el sistema de referencia como el de figura de la derecha, cuando solo actúa la fuerza magnética la trayectoria del protón es una circunferencia. En la figura anterior se dibujó el protón moviéndose inicialmente en el sentido positivo del eje X y el campo magnético dirigido en el sentido negativo del eje Z.



Cuando actúa una fuerza eléctrica que anula la magnética,

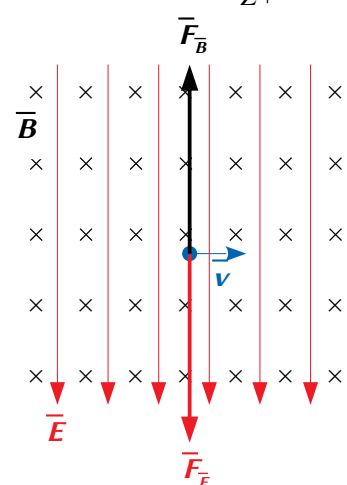
$$\vec{F}_B + \vec{F}_E = q(\vec{v} \times \vec{B}) + q \cdot \vec{E} = \vec{0}$$

El campo eléctrico debe valer:

$$\vec{E} = -(\vec{v} \times \vec{B}) = -(9,79 \cdot 10^5 \hat{i} [\text{m/s}] \times 0,320 (-\hat{k}) [\text{T}]) = -3,13 \cdot 10^5 \hat{j} \text{ N/C}$$

El campo eléctrico está dirigido en el sentido positivo del eje Y.

En cualquier sistema de referencia, la dirección del campo eléctrico debe ser perpendicular tanto a la dirección del campo magnético como a la dirección de la velocidad. El sentido del campo eléctrico tiene que ser igual que el de la fuerza eléctrica, porque la carga del protón es positiva, y opuesto al de la fuerza magnética.



La mayor parte de las respuestas puede calcularse con la hoja de cálculo [FisicaBachEs.ods](#)

Cuando esté en el índice, mantenga pulsada la tecla «↑» (mayúsculas) mientras hace clic en la celda

[Partícula cargada moviéndose en un campo magnético uniforme](#)

del capítulo

Electromagnetismo Lorentz

[Partícula cargada moviéndose en un campo magnético uniforme](#)

Haga clic en las celdas de color salmón y elija las opciones como se muestra. Escriba los datos en las celdas de color blanco y borde azul.

Partícula	Carga	$q =$	<input type="text" value="1,60218 \cdot 10^{-19}"/>	<input type="text" value="C"/>
Protón	Masa	$m =$	<input type="text" value="1,67262 \cdot 10^{-27}"/>	<input type="text" value="kg"/>
Diferencia de potencial		$\Delta V =$	<input type="text" value="5000"/>	<input type="text" value="V"/>
Ángulo entre v y B		$\varphi =$	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="°"/>
Radio de la circunferencia		$R =$	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Campo magnético	$B =$	0,32 T
Tiempo	$t =$	1 s
(para calcular el número de vueltas)		

Los resultados son:

	Cifras significativas:	3
a) Velocidad de la partícula	$v =$	$9,79 \cdot 10^5$ m/s
b) Radio de la trayectoria circular	$R =$	0,0319 m
c) Número de vueltas	$f =$	$4,88 \cdot 10^6$ vueltas/s

Haciendo clic en «Número de vueltas» y eligiendo «Intensidad de campo eléctrico» se ve el resultado del último apartado:

d) Intensidad de campo eléctrico	$E =$	$3,13 \cdot 10^5$ N/C
que anula la desviación		

● Fuerza entre conductores

- Dos hilos conductores rectos muy largos y paralelos (A y B) con corrientes $I_A = 5$ A e $I_B = 3$ A en el mismo sentido están separados 0,2 m. Calcula:
 - El campo magnético en el punto medio entre los dos conductores (D)
 - La fuerza ejercida sobre un tercer conductor C paralelo los anteriores, de 0,5 m y con $I_C = 2$ A y que pasa por D.

Dato: $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ S.I.

(P.A.U. Sep. 06)

Rta.: a) $\vec{B} = 4,0 \cdot 10^{-6}$ T perpendicular a los hilos ; b) $\vec{F} = 4,0 \cdot 10^{-6}$ N hacia A

Datos

Intensidad de corriente por el conductor A
 Intensidad de corriente por el conductor B
 Distancia entre los conductores
 Permeabilidad magnética del vacío
 Intensidad de corriente por el conductor C
 Longitud del conductor C

Cifras significativas: 3

$I_A = 5,00$ A
 $I_B = 3,00$ A
 $d = 0,200$ m
 $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ T·m·A⁻¹
 $I_C = 2,00$ A
 $l = 0,500$ m

Incógnitas

Campo magnético en el punto D medio entre los dos conductores
 Fuerza ejercida sobre un tercer conductor C que pasa por D

\vec{B}_D
 \vec{F}_C

Ecuaciones

Ley de Biot y Savart: campo magnético \vec{B} creado a una distancia r por un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente I

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

Principio de superposición:

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

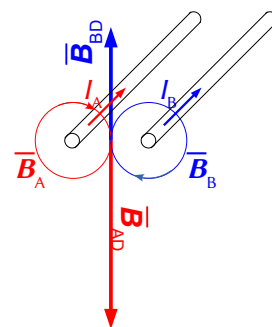
Ley de Laplace: fuerza magnética que ejerce un campo magnético \vec{B} sobre un tramo l de conductor recto por el que circula una intensidad de corriente I

$$\vec{F}_B = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

Solución:

- El campo magnético creado por un conductor rectilíneo es circular y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha: el sentido del campo magnético es el de cierre de la mano derecha cuando el pulgar apunta en el sentido de la corriente. En el diagrama se dibujan los campos magnéticos \vec{B}_A y \vec{B}_B creados por ambos conductores en el punto medio D.

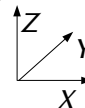
El campo magnético creado por el conductor A en el punto D equidistante de ambos conductores es:



$$\vec{B}_{A \rightarrow D} = \frac{\mu_0 \cdot I_A}{2\pi \cdot r} (-\vec{k}) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 5,00 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,100 [\text{m}]} (-\vec{k}) = -1,00 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ T}$$

El campo magnético creado por el conductor B en el punto D equidistante de ambos conductores es:

$$\vec{B}_{B \rightarrow D} = \frac{\mu_0 \cdot I_B}{2\pi \cdot r} \vec{k} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} [\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}] \cdot 3,00 [\text{A}]}{2\pi \cdot 0,100 [\text{m}]} \vec{k} = 6,00 \cdot 10^{-6} \vec{k} \text{ T}$$



El campo magnético resultante es la suma vectorial de ambos:

$$\vec{B}_D = \vec{B}_{A \rightarrow D} + \vec{B}_{B \rightarrow D} = -1,00 \cdot 10^{-5} \vec{k} [\text{T}] + 6,00 \cdot 10^{-6} \vec{k} [\text{T}] = -4,0 \cdot 10^{-6} \vec{k} \text{ T}$$

b) La fuerza que se ejerce sobre un conductor C situado en D es:

$$\vec{F}_B = I(\vec{l} \times \vec{B}) = 2,00 [\text{A}] (0,500 \vec{j} [\text{m}] \times (-4,0 \cdot 10^{-6} \vec{k} [\text{T}])) = -4,0 \cdot 10^{-6} \vec{i} \text{ N}$$

Está dirigida hacia el conductor A si el sentido de la corriente es el mismo que el de los otros conductores.

Análisis: Los conductores que transportan la corriente en el mismo sentido se atraen y en sentido opuesto se repelen. Aunque se ve atraído por ambos conductores, lo será con mayor fuerza por el que circula mayor intensidad, o sea el A.

La mayor parte de las respuestas puede calcularse con la hoja de cálculo [FisicaBachEs.ods](#)

Cuando esté en el índice, mantenga pulsada la tecla «↑» (mayúsculas) mientras hace clic en la celda

[Campo y fuerza magnética entre conductores paralelos](#)

del capítulo

Electromagnetismo Conductores

[Campo y fuerza magnética entre conductores paralelos](#)

Haga clic en las celdas de color salmón y elija las opciones como se muestra. Escriba los datos en las celdas de color blanco y borde azul.

Intensidad en el conductor 1	$I_1 =$	5 A	Sentido <input data-bbox="1114 1137 1161 1205" type="text" value="+"/>
Intensidad en el conductor 2	$I_2 =$	3 A	
Separación entre conductores	$s =$	0,2 m	
Distancia del punto P al conductor 1	$d_1 =$	0,1 m	
Distancia del punto P al conductor 2	$d_2 =$	0,1 m	
Intensidad en el conductor 3	$I_3 =$	2 A	
Longitud del conductor 3	$L_3 =$	50 cm	

Los resultados son:

Campo magnético en el punto P		Cifras significativas: <input data-bbox="1129 1485 1161 1529" type="text" value="3"/>
debido al conductor 1	$B_1 =$	$1,00 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
debido al conductor 2	$B_2 =$	$-6,00 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
a) resultante	$B_p =$	$4,00 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
Fuerza entre los conductores 1 y 2	$F_{12} =$	$1,50 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}$
b) Fuerza sobre el cond. 3 en el punto P	$F =$	$4,00 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

2. Indica cuál es el módulo, dirección y sentido del campo magnético creado por un hilo conductor recto recorrido por una corriente y realiza un esquema que ilustre las características de dicho campo. Considérese ahora que dos hilos conductores rectos y paralelos de gran longitud transportan su respectiva corriente eléctrica.

- Sabiendo que la intensidad de una de las corrientes es el doble que la de la otra corriente y que, estando separados 10 cm, se atraen con una fuerza por unidad de longitud de $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, calcula las intensidades que circulan por los hilos.
- ¿Cuánto vale el campo magnético en un punto situado entre los dos hilos, a 3 cm del que transporta menos corriente?

Dato: $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$

(P.A.U. Jun. 15)

Rta.: b) $I_1 = 3,46 \text{ A}$; $I_2 = 6,93 \text{ A}$; c) $B = 3,3 \mu\text{T}$ **Datos**

Intensidad de corriente por el segundo conductor

Distancia entre los dos conductores

Fuerza de atracción por unidad de longitud

Permeabilidad magnética del vacío

Incógnitas

Intensidades que circulan por los hilos

Campo magnético a 3 cm del hilo con menos corriente

EcuacionesLey de Biot y Savart: campo magnético \vec{B} creado a una distancia r por un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente I

Principio de superposición:

Ley de Laplace: Fuerza que ejerce un campo magnético \vec{B} sobre un tramo l de conductor que transporta una corriente I **Cifras significativas: 3**

$$I_2 = 2 I_1$$

$$d = 10,0 \text{ cm} = 0,100 \text{ m}$$

$$F / l = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$$

$$\frac{I_1, I_2}{\vec{B}}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \pi \cdot r}$$

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

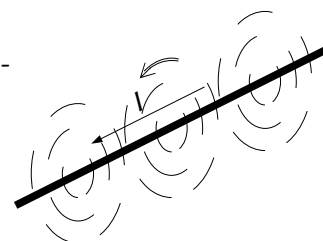
$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

Solución:

a) El campo magnético creado por un conductor rectilíneo es circular y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha: el sentido del campo magnético es el de cierre de la mano derecha cuando el pulgar apunta en el sentido de la corriente.

El valor del campo magnético \vec{B} creado a una distancia r por un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente I viene dado por la expresión:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \pi \cdot r}$$



b) La fuerza entre dos conductores rectilíneos paralelos se obtiene sustituyendo en la ecuación de Lorentz la expresión de la ley de Biot y Savart.

$$F_{1 \rightarrow 2} = I_1 \cdot l \cdot B_2 = I_1 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2 \pi \cdot r} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \pi \cdot r} \cdot l$$

Sustituyendo los datos, teniendo en cuenta que la fuerza es por unidad de longitud ($l = 1 \text{ m}$)

$$4,8 \cdot 10^{-5} [\text{N}\cdot\text{m}^{-1}] = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} [\text{N}\cdot\text{A}^{-2}] \cdot I_1 \cdot 2 I_1}{2 \pi \cdot 0,100 [\text{m}]}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{4,8 \cdot 10^{-5} [\text{N}\cdot\text{m}^{-1}] \cdot 2 \pi \cdot 0,100 [\text{m}]}{2 \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} [\text{N}\cdot\text{A}^{-2}]}} = 3,46 \text{ A}$$

$$I_2 = 2 I_1 = 6,93 \text{ A}$$

c) En el diagrama se dibujan los campos magnéticos \vec{B}_1 y \vec{B}_2 creados por ambos conductores en el punto 3 a 3 cm de I_1 .

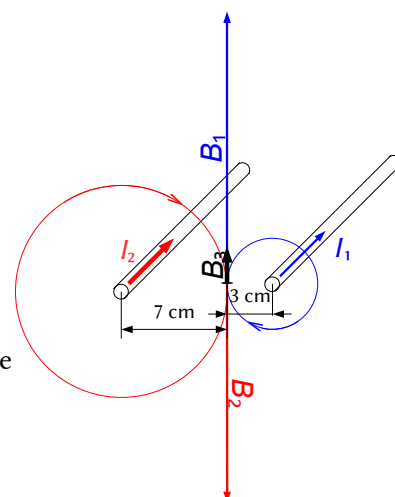
El campo magnético creado por el conductor 1 a 3 cm de distancia es:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2 \pi \cdot r_1} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} [\text{N}\cdot\text{A}^{-2}] \cdot 3,46 [\text{A}]}{2 \pi \cdot 0,030 [\text{m}]} = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

El campo magnético creado por el conductor 2 a 7 cm de distancia es:

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2 \pi \cdot r_2} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} [\text{N}\cdot\text{A}^{-2}] \cdot 6,93 [\text{A}]}{2 \pi \cdot 0,070 [\text{m}]} = 1,98 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Como los campos son de sentidos opuestos, el campo magnético resultante en el punto que dista 3 cm es



$$B_3 = B_1 - B_2 = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ [T]} - 1,98 \cdot 10^{-5} \text{ [T]} = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

La dirección del campo magnético resultante es perpendicular al plano formado por los dos conductores y el sentido es el del campo magnético del hilo más cercano, (en el dibujo, hacia el borde superior del papel)

Cuestiones y problemas de las [Pruebas de evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad](#) (A.B.A.U. y P.A.U.) en Galicia.

[Respuestas](#) y composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Algunos cálculos se hicieron con una [hoja de cálculo](#) de [LibreOffice](#) u [OpenOffice](#) del mismo autor.

Algunas ecuaciones y las fórmulas orgánicas se construyeron con la extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

La traducción al/desde el gallego se realizó con la ayuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Se procuró seguir las [recomendaciones](#) del Centro Español de Metrología (CEM)

Actualizado: 20/01/22



Sumario

MAGNETISMO

<i>Carga en un campo magnético.....</i>	<i>1</i>
1. Un protón acelerado por una diferencia de potencial de 5000 V penetra perpendicularmente en un campo magnético uniforme de 0,32 T. Calcula:.....	1
a) La velocidad del protón.....	
b) El radio de la órbita que describe.....	
c) El número de vueltas que da en 1 segundo.....	
d) ¿Qué campo eléctrico E hay que aplicar para que la carga no sufra ninguna desviación?.....	
<i>Fuerza entre conductores.....</i>	<i>3</i>
1. Dos hilos conductores rectos muy largos y paralelos (A y B) con corrientes $I_A = 5$ A e $I_B = 3$ A en el mismo sentido están separados 0,2 m. Calcula:.....	3
a) El campo magnético en el punto medio entre los dos conductores (D).....	
b) La fuerza ejercida sobre un tercer conductor C paralelo los anteriores, de 0,5 m y con $I_C = 2$ A y que pasa por D.....	
2. Indica cuál es el módulo, dirección y sentido del campo magnético creado por un hilo conductor recto recorrido por una corriente y realiza un esquema que ilustre las características de dicho campo. Considérese ahora que dos hilos conductores rectos y paralelos de gran longitud transportan su respectiva corriente eléctrica.....	5
a) Sabiendo que la intensidad de una de las corrientes es el doble que la de la otra corriente y que, estando separados 10 cm, se atraen con una fuerza por unidad de longitud de $4,8 \cdot 10^{-5}$ N·m ⁻¹ , calcula las intensidades que circulan por los hilos.....	
b) ¿Cuánto vale el campo magnético en un punto situado entre los dos hilos, a 3 cm del que transporta menos corriente?.....	

[Método y recomendaciones](#)