

MAGNETISMO

[Método e recomendacións](#)● Carga nun campo magnético

1. Un protón acelerado por unha diferenza de potencial de 5000 V penetra perpendicularmente nun campo magnético uniforme de 0,32 T. Calcula:
- A velocidade do protón.
 - O raio da órbita que describe.
 - O número de voltas que dá en 1 segundo.
 - Que campo eléctrico \vec{E} hai que aplicar para que a carga non sufra ningunha desviación?
- Datos: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, $q_p = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C (Fai un debuxo do problema)

Problema modelo baseado en P.A.U. Xuño 05

Rta.: a) $v = 9,8 \cdot 10^5$ m/s; b) $R = 3,2$ cm; c) $N = 4,9 \cdot 10^6$ voltas/s; d) $\vec{E} = 3,1 \cdot 10^5$ N/C perpendicular a \vec{B} e \vec{v}

Datos

Potencial de aceleración

Valor da intensidade do campo magnético

Carga do protón

Ángulo entre a velocidade do protón e o campo magnético

Masa do protón

Tempo para calcular o número de voltas

Incógnitas

Velocidade do protón

Radio da traxectoria circular

Número de voltas que dá en 1 s

Campo eléctrico para que a carga non sufra ningunha desviación

Outros símbolos

Valor da forza magnética sobre o protón

Período do movemento circular

Energía (cinética) do protón

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

Traballo do campo eléctrico

Traballo da forza resultante

Energía cinética

Forza \vec{F}_E exercida por un campo electrostático \vec{E} sobre unha 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 a velocidade temos que ter en conta que ao acelerar o protón cunha diferenza de potencial (supomos que desde o repouso), este adquire unha enerxía cinética:

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

Se parte do repouso, $v_0 = 0$. A velocidade final é:

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

- b) Como só actúa a forza magnética:

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

O protón describe unha traxectoria circular con velocidade de valor constante, polo que a aceleración só ten compoñente normal a_N ,

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

Usando a expresión da lei de Lorentz (en módulos) para a forza magnética

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

Despexando o raio R

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

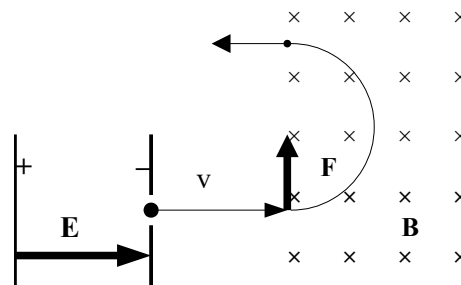
Análise: o raio ten un valor aceptable, uns centímetros.

c) Despexando o período

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

O número de voltas en 1 s será:

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



Análise: Se o protón entra nun campo magnético, ao describir media circunferencia sairá del, polo que en realidade só daría media volta nun tempo de $T/2 = 1,03 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ e saíría a unha distancia de $2R = 6,4 \text{ cm}$ do punto de entrada.

d) Tomando o sistema de referencia como o de figura da dereita, cando só actúa a forza magnética a traxectoria do protón é unha circunferencia. Na figura anterior debuxouse o protón movéndose inicialmente no sentido positivo do eixe X e o campo magnético dirixido no sentido negativo do eixe Z .

Cando actúa unha forza eléctrica que anula a magnética,

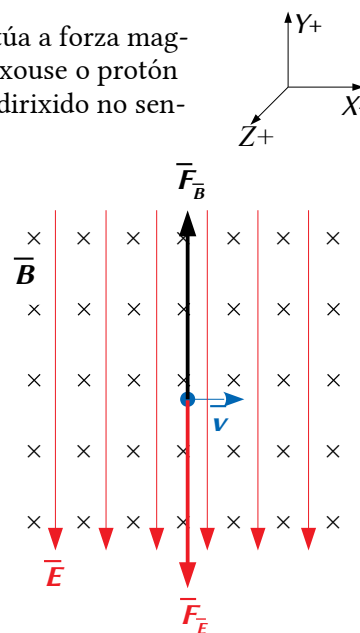
$$\vec{F}_B + \vec{F}_E = q(\vec{v} \times \vec{B}) + q \cdot \vec{E} = \vec{0}$$

O campo eléctrico debe valer:

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

O campo eléctrico está dirixido no sentido negativo do eixe Y .

En calquera sistema de referencia, a dirección do campo eléctrico debe ser perpendicular tanto á dirección do campo magnético como á dirección da velocidade. O sentido do campo eléctrico ten que ser igual que o da forza eléctrica, porque a carga do protón é positiva, e oposto ao da forza magnética.



A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo [FisicaBachGl.ods](#)

Cando estea no índice, manteña pulsada a tecla «↑» (maiúsculas) mentres fai clic na cela

[Partícula cargada movéndose nun campo magnético uniforme](#)

del capítulo

Electromagnetismo Lorentz

[Partícula cargada movéndose nun campo magnético uniforme](#)

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se amosa. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul.

| | | | | |
|------------------------|-------|--------------|---|---------------------------------|
| Partícula | Carga | $q =$ | <input type="text" value="1,60218·10<sup>-19"/> | <input type="text" value="C"/> |
| Protón | Masa | $m =$ | <input type="text" value="1,67262·10<sup>-27"/> | <input type="text" value="kg"/> |
| Diferenza de potencial | | $\Delta V =$ | <input type="text" value="5000"/> | <input type="text" value="V"/> |
| Ángulo entre v e B | | $\varphi =$ | <input type="text" value="90"/> | <input type="text" value="°"/> |
| Raio da circunferencia | | $R =$ | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Campo magnético | | $B =$ | <input type="text" value="0,32"/> | <input type="text" value="T"/> |

| | | |
|------------------------------------|-------|-----|
| Tempo | $t =$ | 1 s |
| (para calcular o número de voltas) | | |

Os resultados son:

| | | |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | Cifras significativas: | 3 |
| a) Velocidade da partícula | $v =$ | $9,79 \cdot 10^5$ m/s |
| b) Raio da traxectoria circular | $R =$ | 0,0319 m |
| c) Número de voltas | $f =$ | $4,88 \cdot 10^6$ vueltas/s |

Facendo clic en «Número de voltas» e elixindo «Intensidade de campo eléctrico» vese o resultado do último apartado:

| | | |
|-----------------------------------|-------|-----------------------|
| d) Intensidade de campo eléctrico | $E =$ | $3,13 \cdot 10^5$ N/C |
| que anula a desviación | | |

● Forza entre condutores

- Dous fíos condutores rectos moi longos e paralelos (A e B) con correntes $I_A = 5$ A e $I_B = 3$ A no mesmo sentido están separados 0,2 m. Calcula:
 - O campo magnético no punto medio entre os dous condutores (D)
 - A forza exercida sobre un terceiro condutor C paralelo os anteriores, de 0,5 m e con $I_C = 2$ A e que pasa por D.

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

(P.A.U. Set. 06)

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

Datos

Intensidade de corrente polo condutor A

Intensidade de corrente polo condutor B

Distancia entre os condutores

Permeabilidade magnética do baleiro

Intensidade de corrente polo condutor C

Lonxitude do condutor 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 no punto D medio entre os dous condutores

Forza exercida sobre un terceiro condutor C que pasa por D

\vec{B}_D

\vec{F}_C

Ecuacións

Lei de Biot e Savart: campo magnético \vec{B} creado a unha distancia r por un condutor recto polo que circula unha intensidade de corrente I

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

Principio de superposición:

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

Lei de Laplace: forza magnética que exerce un campo magnético \vec{B} sobre un tramo l de condutor recto polo que circula unha intensidade de corrente I

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

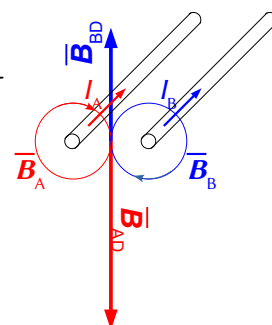
Solución:

a) O campo magnético creado por un condutor rectilíneo é circular e o seu sentido vén dado pola regra da man dereita: o sentido do campo magnético é o de peche da man dereita cando o polgar apunta no sentido da corrente.

No diagrama débúxanse os campos magnéticos \vec{B}_A e \vec{B}_B creados por ambos os condutores no punto medio D.

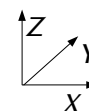
O campo magnético creado polo condutor A no punto D equidistante de ambos os condutores é:

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



O campo magnético creado polo condutor B no punto D equidistante de ambos os condutores é:

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



O campo magnético resultante é a 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) A forza que se exerce sobre un condutor C situado en D é:

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

Está dirixida cara ao condutor A se o sentido da corrente é o mesmo que o dos outros condutores.

Análise: Os condutores que transportan a corrente no mesmo sentido atráense e en sentido oposto repélense.

Aínda que se ve atraído por ambos os condutores, o será con maior forza polo que circula maior intensidade, ou sexa o A.

A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo [FísicaBachGl.ods](#)

Cando estea no índice, manteña pulsada a tecla «↑» (maiúsculas) mentres fai clic na cela

[Campo e forza magnética entre condutores paralelos](#)

do capítulo.

Electromagnetismo Condutores

[Campo e forza magnética entre condutores paralelos](#)

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se amosa. Escriba os datos nas celdas de cor branca e bordo azul.

| | | | | |
|------------------------------------|---------|-------|---------|---|
| Intensidade no condutor 1 | $I_1 =$ | 5 A | Sentido | + |
| Intensidade no condutor 2 | $I_2 =$ | 3 A | | + |
| Separación entre condutores | $s =$ | 0,2 m | | |
| Distancia do punto P ao condutor 1 | $d_1 =$ | 0,1 m | | |
| Distancia do punto P ao condutor 2 | $d_2 =$ | 0,1 m | | |
| Intensidade no condutor 3 | $I_3 =$ | 2 A | | |
| Lonxitude do condutor 3 | $L_3 =$ | 50 cm | | |

Os resultados son:

| | | | |
|----|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| | Campo magnético no punto P | Cifras significativas: | 3 |
| | debido ao condutor 1 | $B_1 =$ | $1,00 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ |
| | debido ao condutor 2 | $B_2 =$ | $-6,00 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ |
| a) | resultante | $B_p =$ | $4,00 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ |
| | Forza entre los condutores 1 e 2 | $F_{12} =$ | $1,50 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}$ |
| b) | Forza sobre o cond. 3 no punto P | $F =$ | $4,00 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ |

2. Indica cal é o módulo, dirección e sentido do campo magnético creado por un fío condutor recto percorrido por unha corrente e realiza un esquema que ilustre as características de devandito campo. Considérese agora que dous fíos condutores rectos e paralelos de gran lonxitude transportan a súa respectiva corrente eléctrica.

a) Sabendo que a intensidade dunha das correntes é o dobre que a da outra corrente e que, estando separados 10 cm, atráense cunha forza por unidade de lonxitude de $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, calcula as intensidades que circulan polos fíos.

b) Canto vale o campo magnético nun punto situado entre os dous fíos, a 3 cm do que transporta menos corrente?

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

(P.A.U. Xuño 15)

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

Datos

Intensidade de corrente polo segundo condutor
 Distancia entre os dous condutores
 Forza de atracción por unidade de lonxitude
 Permeabilidade magnética do baleiro

Incógnitas

Intensidades que circulan polos fíos
 Campo magnético a 3 cm do fío con menos corrente

Ecuacións

Lei de Biot e Savart: campo magnético \vec{B} creado a unha distancia r por un condutor recto polo que circula unha intensidade de corrente I

Principio e superposición:

Lei de Laplace: Forza que exerce un campo magnético \vec{B} sobre un tramo l de condutor que transporta unha corrente I

Cifras significativas: 3

$$I_2 = 2 I_1$$

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

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

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

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

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

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

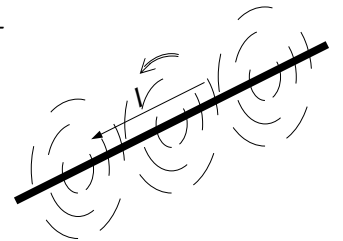
$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

Solución:

a) O campo magnético creado por un condutor rectilíneo é circular e o seu sentido vén dado pola regra da man dereita: o sentido do campo magnético é o de peche da man dereita cando o polgar apunta no sentido da corrente.

O valor do campo magnético \vec{B} creado a unha distancia r por un condutor recto polo que circula unha intensidade de corrente I vén dado pola expresión:

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



b) A forza entre dous condutores rectilíneos paralelos obtense substituíndo na ecuación de Lorentz a expresión da lei de Biot e Savart.

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

Substituíndo os datos, tendo en conta que a forza é por unidade de lonxitude ($l = 1 \text{ m}$)

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

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

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

c) No diagrama débúxanse os campos magnéticos \vec{B}_1 e \vec{B}_2 creados por ambos os condutores no punto 3 a 3 cm de I_1 .

O campo magnético creado polo condutor 1 a 3 cm de distancia é:

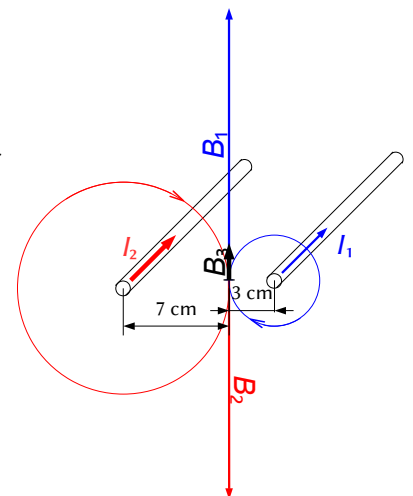
$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2 \pi \cdot r_1} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} [\text{N} \cdot \text{A}^{-2}] \cdot 3,46 [\text{A}]}{2 \pi \cdot 0,030 [\text{m}]} = 2,31 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

O campo magnético creado polo condutor 2 a 7 cm de distancia é:

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

Como os campos son de sentidos opostos, o campo magnético resultante no punto que dista 3 cm é

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



A dirección do campo magnético resultante é perpendicular ao plano formado polos dous condutores e o sentido é o do campo magnético do fío máis próximo, (no debuxo, cara ao bordo superior do papel)

Cuestións e problemas das [Probos de avaliación do Bacharelato para o acceso á Universidade](#) (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.

[Respostas](#) e composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Algúns cálculos fixéronse cunha [folla de cálculo](#) de [LibreOffice](#) ou [OpenOffice](#) do mesmo autor.

Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Procurouse seguir as [recomendacións](#) do *Centro Español de Metrología* (CEM)

Actualizado: 20/01/22



Sumario

MAGNETISMO

| | |
|---|----------|
| <i>Carga nun campo magnético.....</i> | <i>1</i> |
| 1. Un protón acelerado por unha diferenza de potencial de 5000 V penetra perpendicularmente nun campo magnético uniforme de 0,32 T. Calcula:..... | 1 |
| a) A velocidade do protón..... | |
| b) O raio da órbita que describe..... | |
| c) O número de voltas que dá en 1 segundo..... | |
| d) Que campo eléctrico E hai que aplicar para que a carga non sufra ningunha desviación?..... | |
| <i>Forza entre condutores.....</i> | <i>3</i> |
| 1. Dous fíos condutores rectos moi longos e paralelos (A e B) con correntes $I_A = 5\text{ A}$ e $I_B = 3\text{ A}$ no mesmo sentido están separados 0,2 m. Calcula:..... | 3 |
| a) O campo magnético no punto medio entre os dous condutores (D)..... | |
| b) A forza exercida sobre un terceiro condutor C paralelo os anteriores, de 0,5 m e con $I_C = 2\text{ A}$ e que pasa por D..... | |
| 2. Indica cal é o módulo, dirección e sentido do campo magnético creado por un fío condutor recto percorrido por unha corrente e realiza un esquema que ilustre as características de devandito campo. Considérese agora que dous fíos condutores rectos e paralelos de gran lonxitude transportan a súa respectiva corrente eléctrica..... | 4 |
| a) Sabendo que a intensidade dunha das correntes é o dobre que a da outra corrente e que, estando separados 10 cm, atráense cunha forza por unidade de lonxitude de $4,8 \cdot 10^{-5}\text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$, calcula as intensidades que circulan polos fíos..... | |
| b) Canto vale o campo magnético nun punto situado entre os dous fíos, a 3 cm do que transporta menos corrente?..... | |

[Método e recomendacións](#)