1 Calcula la fuerza entre dos cargas de 1 microculombio que se encuentran a 10 cm de distancia, en el agua. Si la distancia se duplicase, se triplicase, etc., determina, sin hacer el cálculo completo a partir de la ley de Coulomb, cuál sería la fuerza entre las dos cargas.

Carga nº 1 = $q_1 = 10^{-6}$ C
Carga nº 2 = $q_2 = 10^{-6}$ C
Distancia de separación = r = 10 cm = 0, 1 m
Constante dieléctrica relativa del agua = ε_r 80

Hallamos primero la constante: $K = \frac{K_0}{\varepsilon_r} = \frac{9\cdot 10^9}{80} = 1,125\cdot 10^8 \ \frac{Nm^2}{C^2}$

Ahora aplicamos la ley de Coulomb para calcular el módulo de la fuerza repulsiva entre las dos cargas:

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} = 1,125\cdot 10^8 \frac{10^{-6}\cdot 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = 0,01125 \text{ N}$$

2 Confirma el valor que da la tabla para el campo creado por un protón a la distancia de 0,05 nm, que corresponde al radio del átomo de hidrógeno (e = 1,6.10^{-19} C).

Carga del protón = carga del electrón = e = 1,6 · 10^{-19} C
Distancia a la que se calcula el campo eléctrico = r = 0,05 nm = 0,05 · 10^{-9} m

El módulo del campo eléctrico en ese punto es :

$$E = K\frac{e}{r^2} = 9\cdot 10^9 \frac{1,6\cdot 10^{-19}}{(0,05\cdot 10^{-9})^2} = 5,76\cdot 10^{11} \ \frac{N}{C}$$

3 Imagina una minúscula gota de aceite de masa 0, 05 g cuya carga es -3,2·10^{-19} C; si se sitúa en un campo eléctrico uniforme en el vacío y la gota no cae o cae con MRU, ¿cuál es la intensidad del campo? ¿Cómo se podría determinar experimentalmente la carga eléctrica de una gota de aceite?

Masa de la gota = m = 0,05 g = 5 · 10^{-5} Kg
Carga eléctrica de la gota = q = -3,2·10^{-19} C

Para que no caiga o caiga con movimiento uniforme, las dos fuerzas, la de su peso hacia abajo y la que ejerce el campo eléctrico hacia arriba, han de tener el mismo módulo y sentido contrario para que su resultante sea nula:

$$P = F_e \Rightarrow mg = qE \Rightarrow E = \frac{mg}{q} = \frac{5\cdot10^{-5}\cdot 9{,}8}{3{,}2\cdot10^{-19}} = 1{,}5\cdot10^{15}\ \frac{N}{C}$$

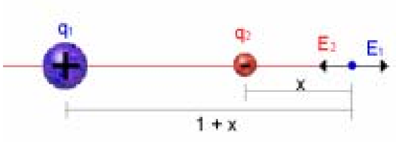
Experimento de Mullinkan.

4 ¿Qué cambiaría en el ejercicio anterior para el caso en que q_2 = -5 nC?

q_1 = 10 nC.
q_2 = - 5 nC.

Como las cargas son de distinto signo y el vector campo eléctrico sale de las positivas y se dirige a las negativas el punto buscado no puede estar entre las cargas y en la línea que las une ya que ambos vectores llevan la misma dirección y sentido y la resultante sería la suma.

Además como la intensidad del campo eléctrico es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a las cargas, el punto buscado ha de estar más cerca de la menor, de q_2, el esquema es, pues, el siguiente:



Como los módulos de ambos vectores intensidad de campo han de ser iguales:

$$k\frac{q_1}{d_1^2} = k\frac{q_2}{d_2^2} \Rightarrow \frac{q_1}{(1+x)^2} = \frac{q_2}{x^2} \Leftrightarrow \frac{10}{(1+x)^2} = \frac{5}{x^2}$$

$$\frac{10}{5} = \left(\frac{1+x}{x}\right)^2 \Leftrightarrow \sqrt{2} = \frac{1+x}{x} = \frac{1}{x} + 1 \Rightarrow$$

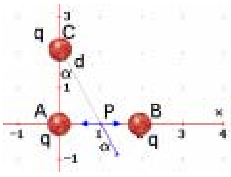
$$\frac{1}{x} = \sqrt{2} - 1 \Leftrightarrow x = \frac{1}{\sqrt{2}-1} \simeq 2{,}41 \text{ cm}$$

Es decir el punto en que se anula el campo eléctrico está situado a 2,41 cm a la derecha de la carga negativa.

5 Tres cargas iguales, q = 1 nC, ocupan los vértices de un triángulo rectángulo ABC, situado en el plano XY, siendo A(0, 0), B(2, 0) y C(0, 2). Determina el campo eléctrico en el punto medio del lado AB.

$q_1 = q_2 = q_3 = q$ = 1 nC.
A(0, 0)
B(2, 0)
C(0, 2)

El vector campo en el punto P(1, 0) qu es el punto medio del lado AB, es la composición de los tres vectores campo, como $E_A = E_B$ y de sentido contrario, sólo queda el campo debido a la carga C, cuyo módulo hallamos a continuación :



$E_C = K\frac{q_C}{d^2} = 9.10^9\frac{10^{-9}}{5} = 1,8\frac{N}{m}$, ya que en el triángulo rectángulo ACP, según el teorema de Pitágoras:

$$d^2 = 2^2 + 1^2 = 4 + 1 = 5$$

para saber la dirección y sentido hallamos el ángulo α :

$tg\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = arctg\frac{1}{2} = 26^0 33' 54''$ luego el ángulo con el eje horizontal es $296^0\ 33'\ 54''$

❋❋❋✪✪❃✪✪❋❋❋

6 **a)** ¿Recuerdas lo que significa que un campo de fuerzas sea conservativo?

b) ¿Qué significa que la energía potencial del sistema formado por las masas M y m es E_p = -GMm/r?

❋❋❋❃❃✪❃❃❋❋❋

a) Dado un campo vectorial definido sobre una región simplemente conexa el campo es conservativo si cumple cualquiera de estas condiciones (de hecho puede demostrarse que si cumple una de ellas cumple las otras dos también):

1. Un campo es **conservativo** si, y sólo si, el trabajo que realiza la fuerza que genera el campo entre dos puntos no depende del camino que haya seguido el móvil entre esos dos puntos.

$$\int_{C_1} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_{C_2} \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

2. Un campo es **conservativo** si, y sólo si, el rotacional de ese campo vectorial en todos los puntos es cero:.

$$\nabla \times \vec{F} = 0$$

3. Y más importante: un campo de fuerzas es **conservativo** si y sólo si podemos encontrar una función escalar potencial llamada de **energía potencial**, de la cual su gradiente sea esa fuerza. De tal modo que para esa fuerza el trabajo que realiza sobre un móvil entre dos puntos cualesquiera del espacio es igual a la variación de esa función escalar entre esos dos puntos, cambiada de signo.

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} \cdot V$$
$$\int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = V_A - V_B$$

b) Que es el trabajo que hay que realizar para traer una masa m desde el infinito a una distancia r de una masa M y es negativo pues se considera la energía potencial cero en el infinito.

❋❋❋✪✪❃✪✪❋❋❋

7 Deduce la expresión del potencial creado por una carga puntual Q en un punto a distancia r de la carga y calcúlalo si Q = 1 nC y r = 1 m.

Carga que crea el potencial = Q
Distancia = r
Carga sobre la que actúa el potencial = q

$$V = \frac{E_p}{q} = \frac{K\frac{Qq}{r}}{q} = k\frac{Q}{r}$$

Si Q = 1 nC = 10^{-9} C y r = 1 m, entonces el potencial creado en ese punto es :

$$V = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-9}}{1} = 9\ V$$

8 Explica por qué las líneas de campo eléctrico y las superficies equipotenciales se cortan perpendicularmente y por qué las superficies equipotenciales no se pueden cortar.

Las superficies equipotenciales son el lugar geométrico de todos los puntos en donde el potencial eléctrico toma un valor constante. Como el potencial eléctrico, V, depende de inversamente de la distancia, todos los puntos que estén a igual distancia de las cargas tendrán el mismo potencial que para cargas puntuales serán esferas concéntricas, como las líneas de campo son radiales, ambas han de ser perpendiculares.

No se pueden cortar dos superficies de potencial distintas pues si lo hicieran significaría que hay en un mismo punto dos valores del potencial distintos lo que es imposible.

9 Define el electronvoltio (eV) como unidad de energía. ¿Qué relación tiene con el julio?

El electronvoltio (eV) es el trabajo o energía que hay que suministrar a un electrón para que tenga un potencial un Voltio

$$1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \cdot 1\ V = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$$

10 Dos protones, inicialmente muy separados, se aproximan uno al otro con la misma rapidez inicial, v,). Determina v_o si logran acercarse hasta una distancia mínima de 10^{-15} m. (m_p = 1,67 – 10^{-27} kg).

Masa del protón = m_p = 1,67·10^{-27} kg.
Carga del protón = q_p = 1,6 ·10^{-19} C.
Distancia a la que se aproximan = r = 10^{-15} m.

Como el movimiento es relativo podemos considerar como si uno de los protones estuviese parada y el otro se acercase con una velocidad relativa v_0 desconocida hasta una distancia d = 10^{-15} m. Como la energía se conserva la energía cinética del protón que se mueve ha de ser igual a la variación de energía potencial a que quedan al final :

$$\Delta E_c = -\Delta E_p \Leftrightarrow \frac{1}{2}m_p v_0^2 = K\frac{q_p}{r} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2Kq_p}{m_p r}} = \sqrt{\frac{2\cdot 9\cdot 10^9\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}}{1{,}67\cdot 10^{-27}\cdot 10^{-15}}} = 4{,}15\cdot 10^{16}\ \frac{m}{s}$$

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

11 Señala analogías y diferencias entre los campos eléctrico y gravitatorio respecto a la energía.

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Los dos campos son conservativos, de tipo newtoniano; ambos admiten una energía potencial asociada y es posible definir en ellos un potencial.

En el campo gravitatorio la energía potencial siempre es negativa en el eléctrico el signo de la energía potencial depende de las cargas que interaccionan.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

12 Una esfera metálica de 3 cm de radio cuya carga es 5 μC se pone en contacto con otra esfera conductora de 4,5 cm de radio inicialmente descargada. Explica, con el lenguaje científico adecuado, el proceso que tiene lugar al ponerlas en contacto y calcula la carga final de cada esfera.

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Radio de la primera esfera = r_1 = 3 cm.
Radio de la segunda esfera = r_2 = 4,5 cm.
Carga inicial de la primera esfera = q = 5 μC.

Al ponerse en contacto la carga inicial de la primera esfera se distribuye por la dos hasta que el potencial en ambas esferas se iguala.

Carga que queda en la primera esfera después de alcanzarse el equilibrio = q_1.
Carga que queda en la segunda esfera después de alcanzarse el equilibrio = q_2.

$$V_1 = V_2 \Leftrightarrow K\frac{q_1}{r_1} = K\frac{q_2}{r_2} \Leftrightarrow q_1 r_2 = q_2 r_1 \Leftrightarrow 4{,}5q_1 = 3q_2 \Leftrightarrow q_2 = 1{,}5q_1$$

Como además la carga total se conserva : q = q_1 + q_2 y sustituyendo q_2 en esta ecuación por la expresión de la anterior :

$$5\mu C = q_1 + 1{,}5q_1 = 2{,}5q_1 \Rightarrow q_1 = \frac{5}{2{,}5} = 2\mu C \text{ y por tanto } q_2 = 1{,}5q_1 = 1{,}5 \cdot 2 = 3\,\mu C$$

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

13 Calcula la energía que se pone en juego por término medio en la caída de un rayo. ¿Cuánto tiempo tiene que funcionar una central eléctrica de potencia 100 MW para "producir" dicha energía?

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

Diferencia de potencial media entre la nube y el suelo = ΔV = 100 MV.
Carga que se desplaza = q = 20 C.

La energía es $\Delta E = q\,\Delta V = 20 \cdot 100 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^9$ J

Si la potencia media de la central es de P = 100 MW, despejamos el tiempo :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta E}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{2 \cdot 10^9}{100 \cdot 10^6} = 20 \text{ s.}$$

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

14 Intenta contestar a las preguntas planteadas, recordando tus conocimientos actuales de magnetismo.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

1) *¿Por qué hay dos tipos de polos?*

Porque las propiedades magnéticas son consecuencia de las cargas móviles y hay dos tipos de cargas (positivas y negativas) y dos sentidos de giro (horario y antihorario), según que los electrones giren en uno u otro sentido bien en su órbita bien sobre sí mismos (spin) producirán dos polos.

2) *¿Por qué rompiendo un imán no se puede obtener un único polo?*

Porque en cada trozo las cargas que giran en sentidos contrarios seguirán produciendo dos polos separados.

3) *¿Por qué se orienta la brújula y señala siempre a un determinado punto cercano al polo norte geográfico?*

Porque, según se cree, las corrientes producidas en el núcleo externo crean un campo magnético al girar la Tierra, que orienta la brújula (un pequeño imán) de manera que se enfrenten los polos de distinto signo, señalando el sur magnético que es norte geográfico.

4) *¿Cómo varía la fuerza entre dos imanes con la distancia?*

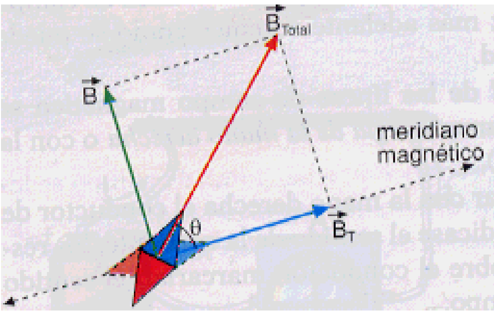
Inversamente, a mayor distancia entre ellos menos es la fuerza (atractiva si son de distinto signo o repulsiva si son del mismo signo) y viceversa.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

15 Si dispones de una pila, un hilo conductor largo y una brújula, ¿cómo procederías para comprobar cómo varía la intensidad del campo magnético que crea un conductor muy largo con la distancia o la intensidad de la corriente?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

La intensidad del campo se puede medir en función de la componente horizontal del campo magnético terrestre con la ayuda de una brújula; si el campo creado por la corriente, **B**, es perpendicular al campo magnético terrestre, $\mathbf{B_T}$, y la brújula está inicialmente en la dirección del meridiano magnético del lugar, al quedar la brújula sometida a la acción simultánea de los dos campos, perpendiculares entre sí, gira hasta quedar en equilibrio formando un ángulo con su posición inicial dado por la ecuación



$$\mathrm{tg}\theta = \frac{B}{B_T}$$

Por tanto, conocidos los valores de $\mathbf{B_T}$ y de tgθ podremos calcular el valor de **B** en cada caso.

❶ Influencia de la variación de la Intensidad de la corriente

Elegimos una distancia **d** fija y variamos la intensidad, cuyo valor debe ser elevado; mediríamos en cada caso el ángulo girado por la brújula. Se comprobaría que si la **intensidad** ↗, **tgθ** ↗ y por tanto **B** ↗. Conclusión: Como la proporcionalidad es directa, se deduce que $\mathbf{B = k_1\, I}$.

❷ Variación del campo con la distancia

Elegimos una **intensidad** fija y variamos la distancia, midiendo en cada caso el ángulo girado por la brújula. Se comprobarla que si d ↘ , tgA ↗ y por tanto B ↗. Conclusión: Como la proporcionalidad es inversa, $\mathbf{B = k_2 / d}$.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

16 Determina el valor del campo **B** creado por una corriente rectilínea e indefinida de **intensidad 3 A** a **distancias** de **5** cm, **10** cm y **15** cm del conductor, situado en el **vacío** ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ SI). Representa **B** en función de d.

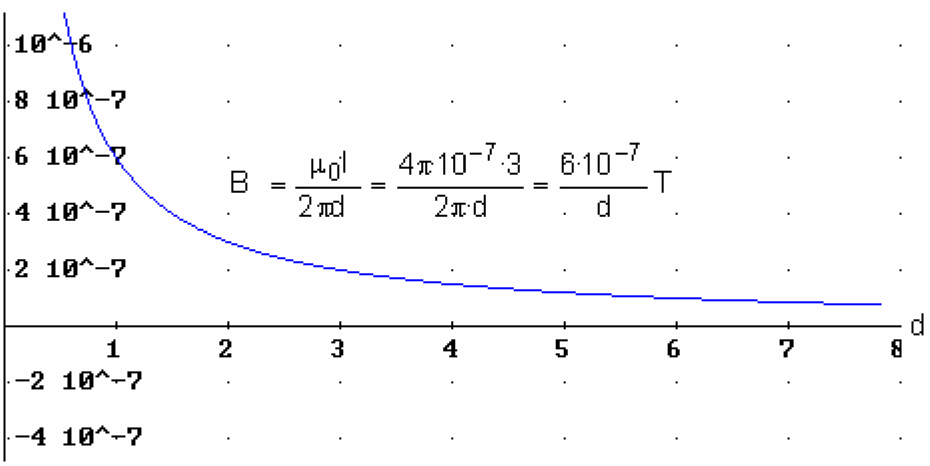
✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

Intensidad de la corriente = I= 3 A.
Primera distancia = d_1 = 5 cm = 0,05 m.
Segunda distancia = d_2 = 10 cm = 0,1 m.
Tercera distancia = d_3 = 15 cm = 0,15 m.

Aplicamos la ley de Biot y Savart :

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi d_1} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 3}{2\pi\cdot 0{,}05} = 1{,}2\cdot 10^{-5}\,T; B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi d_2} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 3}{2\pi\cdot 0{,}1} = 6\cdot 10^{-6}\,T; B_3 = \frac{\mu_0 I}{2\pi d_3} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 3}{2\pi\cdot 0{,}15} = 4\cdot 10^{-6}\,T$$

Como la ecuación del campo magnético es : $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 3}{2\pi\cdot d} = \frac{6\cdot 10^{-7}}{d}\,T$, si representamos esta función de la distancia tenemos :



❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

17 ¿Cómo crees que podría determinarse la intensidad del campo magnético en el interior de un solenoide toroidal (forma de "rosquilla") de N espiras y radio R recorrido por una corriente continua? ¿Qué ocurriría si la corriente fuese alterna?

❃❃❃❃❃✪❃❃❃❃❃

Si introducimos un imán en su interior y con una brújula en sus cercanías variamos la intensidad de la corriente continua que atraviesa sus espiras y cambiamos el solenoide por otras de distinto radio manteniendo constante la intensidad de la corriente podrías estudiar la influencia de ambas magnitudes sobre el campo magnética en su interior midiendo los ángulos en la brújula (véase cuestión Nº 15).

Si la corriente es alterna el campo magnético variaría de orientación en cada ciclo y no se podía realizar la experiencia.

❃❃❃✪✪❃✪✪❃❃❃

18 Explica qué cabe esperar que ocurra al calentar una aguja imantada.

Como al aumentar la temperatura la energía cinética media de las partículas del medio aumenta, la orientación de los dominios magnéticos disminuirá (por el movimiento caótico) y el campo magnético disminuirá hasta anularse y perder sus propiedades magnéticas. . La temperatura crítica a la que un material ferromagnético se convierte en paramagnético debido a la desorientación térmica se denomina temperatura de Curie (en memoria del descubridor de este efecto, Pierre Curie).

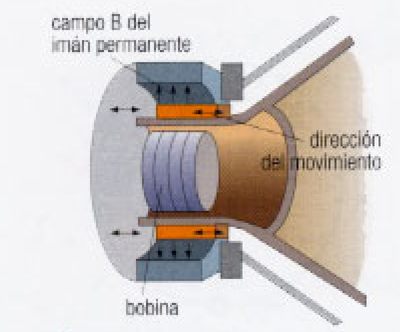
19 Señala diferentes dispositivos que hagan uso de imanes permanentes y explica el funcionamiento de alguno de ellos. ¿En qué difiere un imán permanente de un electroimán?

- Altavoz
- Disco de vinilo
- Disco compacto.
- Dinamo

Altavoz

Una aplicación común de las fuerzas magnéticas sobre un cable conductor de corriente, se halla en los altavoces. El campo B creado por el imán ejerce una fuerza sobre el hilo de una bobina móvil recorrida por una corriente (señal) que procede del amplificador. La fuerza ejercida es proporcional a la corriente de la bobina.

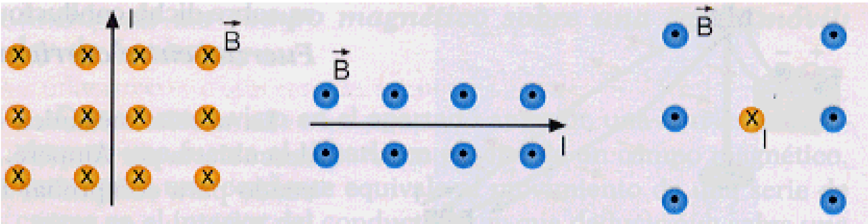
El sentido de la fuerza es a la izquierda o a la derecha, dependiendo del sentido de 1a corriente. La señal que proviene del amplificador provoca la variación del sentido y la magnitud de 1. Al girar el mando del volumen en el amplificador, aumenta la amplitud de la corriente y, en consecuencia, también la amplitud de la oscilación del cono y de la onda sonora producida por el cono en movimiento



Esquema del funcionamiento de un altavoz.

La diferencia entre un imán permanente y un electroimán reside en que este último sólo manifiesta las propiedades magnéticas mientras es atravesado por la corriente que orienta sus dominios magnéticos, al cesar la corriente desaparece el campo magnético, mientras que en los imanes permanentes el campo magnético está siempre actuante.

20 Determina la dirección y el sentido de la tuerza que actúa sobre cada uno de los elementos de corriente de la figura. El signo ⊗ corresponde a un campo perpendicular al papel y hacia dentro y el signo ⊙ a un campo hacia fuera.



Utilizando la regla de la mano derecha:

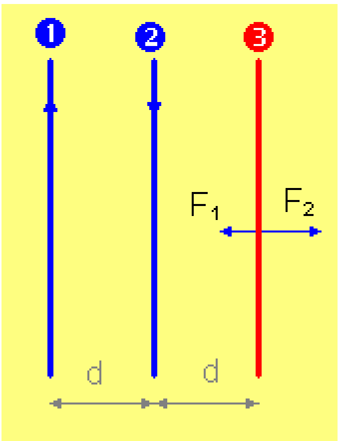
❶ Intensidad de la corriente es vertical hacia arriba, el campo magnético hacia dentro del papel, luego la fuerza es horizontal hacia la izquierda.

❷ Intensidad de la corriente horizontal hacia la derecha, el campo magnético hacia fuera del papel, luego la fuerza es vertical hacia abajo.

❷ Intensidad de la corriente hacia dentro del papel, el campo magnético hacia fuera del papel, luego la fuerza es nula pues son paralelos los vectores de intensidad eléctrica y magnética.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

21 Por dos conductores rectilíneos, paralelos y de longitud infinita, circulan intensidades de corrientes, una doble que la otra, y en sentidos opuestos. Si la distancia entre los conductores viene dada por d, ¿qué fuerza sufre un conductor situado equidistante y paralelo a los otros dos? ¿Y si se colocase en dirección perpendicular?



✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

Hallamos los módulos de las fuerzas ejercidas:

$$F_1 = \frac{\mu_0 I I_3}{2\pi \cdot 2d}; \quad F_2 = \frac{\mu_0 2 I I_3}{2\pi \cdot d}$$

y ahora la resultante que es la diferencia:

$$F = F_2 - F_1 = \frac{\mu_0 I I_3}{\pi d} - \frac{1}{4}\frac{\mu_0 I I_3}{\pi d} = \frac{\mu_0 I I_3}{\pi d}\left(2 - \frac{1}{4}\right) = \frac{7}{8}\frac{\mu_0 I I_3}{\pi d}$$

Si el tercer conductor se colocase perpendicular a los otros dos la fuerza sería nula ya que los vectores longitud y campo serían paralelos con lo que su producto vectorial sería nulo

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

22 Determina el módulo, la dirección y el sentido de la fuerza que experimenta un electrón al penetrar siguiendo la dirección positiva del eje Y en una zona donde existe un campo magnético B = 0,003 i. ¿Cómo varia la fuerza si el ángulo de penetración cambia de 90° a 45°? ¿Cuándo será nula la fuerza?

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

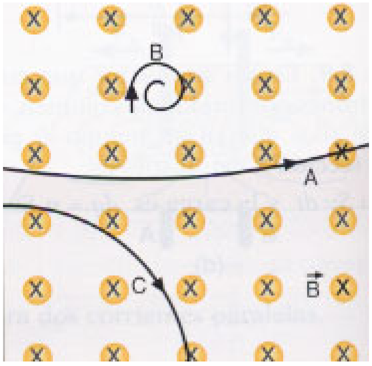
$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = q\cdot\left(v\,\vec{j} \times B\,\vec{i}\right) = qvB\,\vec{j} \times \vec{i} = -qvB\,\vec{k}$, la fuerza sería en el sentido negativo del eje OZ

Si el ángulo cambia de 90º a 45 F = qvBsen45º = $\frac{\sqrt{2}}{2}$qvB

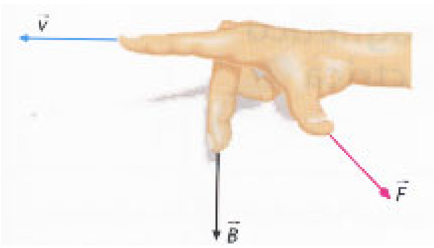
La fuerza será nula cuando el vector velocidad y el campo sean paralelos pues el producto vectorial de dos vectores paralelos es cero (sen0º = sen180º = 0).

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

23 En un dispositivo llamado cámara de burbujas, las partículas cargadas dejan un rastro de burbujas de gas hidrógeno en un recipiente lleno de hidrógeno líquido. La figura muestra las trazas, en el plano del papel, de tres tipos de partículas diferentes. ¿Qué partículas son positivas? Si las tres partículas tienen cargas de igual módulo y la misma rapidez, ¿cuál es la de mayor masa?



❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋



A) El campo magnético penetra en el papel, la velocidad es hacia la derecha y la fuerza hacia arriba, según la regla de la mano derecha la carga ha de ser positiva.

C) Con un razonamiento análogo la carga ha de ser de signo contrario pues la fuerza ahora va dirigida hacia abajo

B) Campo hacia abajo, velocidad hacia arriba y fuerza hacia la derecha luego carga negativa.

Como $R = \frac{mv}{qB}$ y las velocidades cargas y el campo es el mismo, el radio de la trayectoria es proporcional a la masa de manera que tendrá mayor masa la partícula cuyo radio de trayectoria sea mayor (más abierta) es decir la A, después la C y la de menor masa la B.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

24 Compara la fuerza que sobre un electrón ejerce el campo eléctrico cercano a la superficie terrestre (tomar como valor E = 100 N/C) con la que ejerce la componente horizontal del campo magnético terrestre ($B_h = 10^{-5}$ T).

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Si suponemos que el electrón penetra con una velocidad v:

$\frac{F_e}{F_m} = \frac{q{\cdot}E}{qvB_h} = \frac{E}{vB_h} = \frac{100}{v{\cdot}10^{-5}} = \frac{10^7}{v}$ depende la velocidad, a altas velocidades llegaría a ser semejantes, sino la F_e es bastante mayor.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

25 Un ión $^{58}Ni^{+}$ de carga $+e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C y masa $9{,}62\cdot10^{-26}$ kg se acelera desde el reposo a través de una zona del espacio con una diferencia de potencial de 3 000 V y a continuación entra en una zona donde únicamente existe un campo magnético uniforme de 0,12 T perpendicular al plano de su trayectoria y dirigido hacia arriba.

a) Calcula la velocidad del ión tras su aceleración.

b) Determina el radio de curvatura de la trayectoria del ión en la zona del campo magnético.

c) Calcula el nuevo radio si se tratara del ión $^{60}Ni^{+}$, con una relación de masas 60/58 con respecto al $^{58}Ni^{+}$. ¿Cuál sería la diferencia entre los radios? ¿Qué utilidad tendría el dispositivo indicado? (Prueba de acceso)

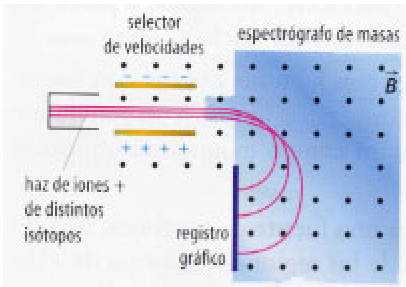
✻✻✻❄❄✪❄❄✻✻✻

a) La energía eléctrica se convierte en energía cinética:

$$q\cdot V = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\cdot3000}{9{,}62\cdot10^{-26}}} = 99896\,\frac{m}{s}$$

b) $R = \dfrac{mv}{qB} = \dfrac{9{,}62\cdot10^{-26}\,kg\cdot99896\,\frac{m}{s}}{1{,}6\cdot10^{-19}\,C\cdot0{,}12\,T} = 0{,}5$ m.

c) $\dfrac{R_1}{R} = \dfrac{\frac{m_1v}{qB}}{\frac{mv}{qB}} = \dfrac{m_1}{m} = \dfrac{60}{58} \Leftrightarrow R_1 = \dfrac{60}{58}R = \dfrac{60}{58}0{,}5m = 0{,}52m$ la diferencia entre los radios sería de unos 2 cm (52 cm – 50 cm) lo que se podría usar para separar isótopos de un mismo elemento (distinta masa pero igual carga), es el fundamento del espectrógrafo de masas



✻✻✻✪✪❄✪✪✻✻✻

26 Demuestra que la energía cinética de las partículas aceleradas por un ciclotrón viene dada por la ecuación $Ec = q^2B^2R^2/2m$.

✻✻✻❄❄✪❄❄✻✻✻

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \overset{(1)}{=} \frac{1}{2}m\left(\frac{qBR}{m}\right)^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$$

(1) Ya que como $R = \dfrac{mv}{qB} \Rightarrow v = \dfrac{qBR}{m}$

✻✻✻✪✪❄✪✪✻✻✻

EJERCICIOS DE RECAPITULACIÓN

27 Con un campo magnético puedes lograr desviar un haz de electrones, pero no puedes aumentar su energía ¿Porqué?

✻✻✻❄❄✪❄❄✻✻✻

Por que la fuerza ejercida, al ser perpendicular a la velocidad no puede modificar su módulo, tan sólo modifica su dirección (haciendo que describa un movimiento circular) luego no hay variación de energía cinética es decir no realiza trabajo, la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares y su producto escalar, por tanto, nulo.

28 Sabemos que en una cierta región existe un campo, pero no sabemos si es eléctrico o magnético. ¿Cómo podríamos averiguarlo?

Introduciendo un partícula cargada en movimiento perpendicular al campo, si describe una trayectoria circular el campo es magnético, siendo un campo eléctrico en caso contrario.

Acercando una brújula y observando si sufre oscilaciones.

29 Un electrón con una energía cinética de $6 \cdot 10^{-16}$ J penetra en un campo magnético uniforme, de intensidad $4 \cdot 10^{-3}$ T, perpendicularmente a su dirección.

a) ¿Con qué velocidad penetra el electrón dentro del campo?
b) ¿A qué fuerza está sometido el electrón dentro del campo?
c) ¿Cuánto vale el radio de la trayectoria que describe?
d) ¿Cuántas vueltas describe el electrón en 0,1 s?

Datos: Masa del electrón, $m_e = 9{,}109 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. (Prueba de acceso).

a) $E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{-16}\,\text{J}}{9{,}109 \cdot 10^{-31}\,\text{kg}}} = 3{,}63 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \Rightarrow F = qvB\,\text{sen}\,90° = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{C} \cdot 3{,}63 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4 \cdot 10^{-3}\,\text{T} = 2{,}3 \cdot 10^{-14}\,\text{N}$. Perpendicular al plano formado por los vectores **v** y **B** y hacia abajo

c) $R = \frac{mv}{qB} = \frac{9{,}109 \cdot 10^{-31}\,\text{kg} \cdot 3{,}63 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{C} \cdot 4 \cdot 10^{-3}\,\text{T}} = 0{,}052\,\text{m} = 5{,}2\ \text{cm}.$

d) $v = w \cdot R \Rightarrow w = \frac{v}{R} = \frac{\theta}{t} \Leftrightarrow \theta = w \cdot t = \frac{v}{R} \cdot t = \frac{3{,}63 \cdot 10^7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}052\,\text{m}} \cdot 0{,}1\,\text{s} = 7 \cdot 10^7\,\text{rad} = 7 \cdot 10^7\,\text{rad} \cdot \frac{1\,\text{vuelta}}{2\pi\,\text{rad}} = 1{,}1 \cdot 10^7$ vueltas.

30 Partículas alfa son aceleradas en un ciclotrón cuyo campo magnético tiene un valor de 1,2 T; si el radio máximo es 25 cm, ¿cuál es, en eV, la energía cinética de las partículas? Tomar como masa de la partícula alfa 6,64 $\cdot 10^{-27}$ kg.

Una partícula alfa es un núcleo de helio, es decir un átomo de helio que ha perdido sus dos electrones, luego tiene una carga 2+, $^{4}He^{2+}$.

En el ejercicio 26 hemos demostrado la expresión de la energía cinética:

$$E_c = \frac{q^2B^2R^2}{2m} = \frac{(2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\,C)^2\cdot(1{,}2T)^2\cdot(0{,}25m)^2}{2\cdot 6{,}64\cdot 10^{-27}\,kg} = 2168675\ J.$$

31 ¿Para qué posición de la espira el momento del par de fuerzas es nulo? ¿Están de acuerdo las conclusiones obtenidas en el experimento anterior (Exp. 5) con la ecuación **M** = NI**S**x**B**?

Cuando la espira se coloca perpendicularmente al campo magnético, que se anulan pues cuando coinciden sus líneas de acción, como son iguales y opuestas la resultante y el momento son nulos. Sí están de acuerdo.

32 El uso de coches eléctricos ¿realmente reduce la contaminación a nivel global o sólo a nivel de ciudad? ¿Te parecen suficientes las prestaciones del Ion? ¿Cómo serían las "gasolineras" del futuro si se impusiese el coche eléctrico?

Depende de cómo se obtenga la electricidad, si se obtiene por energía de baterías convencionales (se seguiría contaminando) o por células solares.

Los 110 a 150 km de autonomía son insuficientes para una buena parte de los trayectos de trabajo hoy en día, sobre todo los relacionados con la construcción, los trayectos relacionados con compras u ocio tal vez sí.

Las gasolineras serían grandes centros de recarga de baterías donde los usuarios acudiríamos cuando se nos fuese a agotar la batería del coche.

33 Un amperímetro elemental se puede construir con una pequeña brújula e hilo metálico aislado; basta enrollar un determinado número de vueltas de hilo a ambos lados de la brújula. ¿Cuál debe ser el sentido de las vueltas en ambos lados? ¿Cómo se puede lograr que el aparato sea muy sensible al paso de la corriente? ¿Cómo lo graduarías?

Los arrollamientos deben tener el mismo sentido para que, al circular la corriente, el campo producido lleve un sentido único.

Colocando en paralelo una pequeña resistencia.

Para graduarlo iríamos haciendo pasar intensidades crecientes a intervalos constantes y señalando hasta dónde llega la aguja de la brújula en la escala.

CUESTIONES Y EJERCICIOS NUMÉRICOS

Cuestiones

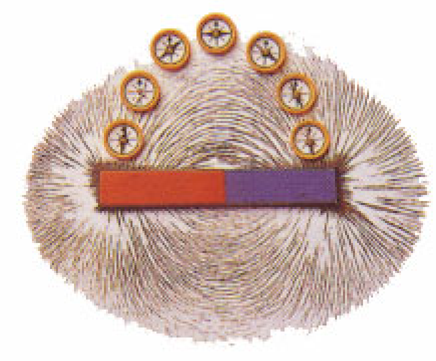
1 Explicad bajo qué condiciones una carga eléctrica podría producir un campo magnético. (Prueba de acceso).

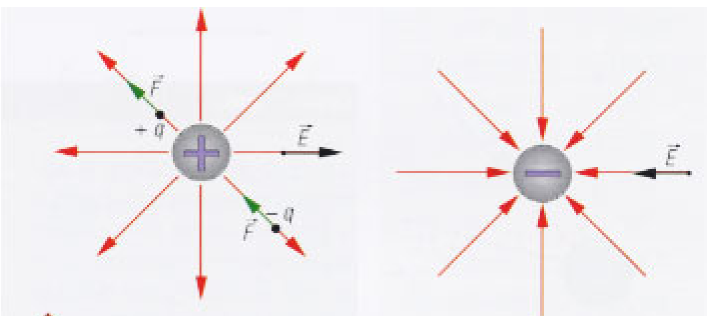
Cuando se mueve.

2 En una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme de intensidad 10 N/C. Determina la diferencia de potencial entre dos puntos separados 10 cm en la dirección del campo.

$$E = k\frac{q}{r^2} \text{ y } \Delta V = k\frac{q}{r} \Rightarrow E = \frac{\Delta V}{r} \Leftrightarrow \Delta V = E\cdot r = 10\frac{N}{C}\cdot 0{,}10 m = 1\ V$$

3 Diferencia entre las líneas de campo del campo electrostático y del campo magnetostático. ¿Son conservativos ambos campos? (Prueba de acceso).





Las líneas de campo eléctrico de una carga puntual positiva son radiales y hacia fuera y terminan en una carga negativa o en el infinito. Una carga positiva se desplazaría en la dirección y sentido de la línea de campo y una negativa en sentido opuesto.

Las líneas de campo eléctrico de una carga puntual negativa son entrantes y terminan en la carga negativa. Observa que el campo $\vec{E}$ es más intenso cerca de la carga que lejos de ella, ya que las líneas de campo están más apretadas.

Como en el campo eléctrico hay monopolos las líneas de fuerza del campo eléctrico son abiertas, mientras que en el campo magnético son cerradas, en el interior de los imanes van del polo sur al norte y por fuera del polo norte al polo sur.

El campo eléctrico sí es conservativo pero el magnético no ya que según la 2ª ley de Ampere la circulación del campo magnético a lo largo de una línea cerrada no es nula.

4 Si el potencial V de un campo es constante en una región del espacio, ¿qué podemos decir acerca de la intensidad del mismo en dicha región del espacio?

Como el campo es el gradiente de potencial $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}V}$ luego si no hay variación de potencial es por que no hay campo eléctrico, el campo es nulo.

5 Halla el trabajo, expresado en eV, que se requiere para llevar un electrón desde una distancia de 10^{-10} m de un protón al infinito.

En otras palabras se nos pide el potencial eléctrico en ese punto:

$$V = K\frac{q}{r} = 9{\cdot}10^9\,\frac{-1{,}6{\cdot}10^{-19}}{10^{-10}} = -14{,}4\ \text{V}$$

6 Una esfera conductora de 1 cm de radio se carga a 104 V ¿Qué carga adquiere?

$$V = K\frac{q}{r} \Leftrightarrow q = \frac{V{\cdot}r}{K} = \frac{104{\cdot}0{,}01}{9{\cdot}10^9} = 1{,}16{\cdot}10^{-10}\ \text{C}$$

7 Dados dos puntos A y B, si V_A es mayor que V_B:

a) ¿Hacia dónde se dirigirá una carga positiva situada entre A y B?
b) ¿Y una carga negativa?
c) ¿Qué sentido tiene el campo eléctrico?

a) Como las cargas positivas se mueven espontáneamente hacia potenciales decrecientes, la carga irá desde A hacia B (en el sentido del campo)
b) En sentido contrario de B ⇨ A (en sentido contrario al campo).
c) Como el campo tiene sentido contrario al gradiente de potencial, sea cual sea el signo de la carga, el campo siempre va de valores mayores de potencial a valores menores es decir de A a B.

8 Coméntese la siguiente afirmación: "Las líneas de fuerza son perpendiculares a las superficies equipotenciales". (Prueba de acceso).

Véase la cuestión 8 del tema.

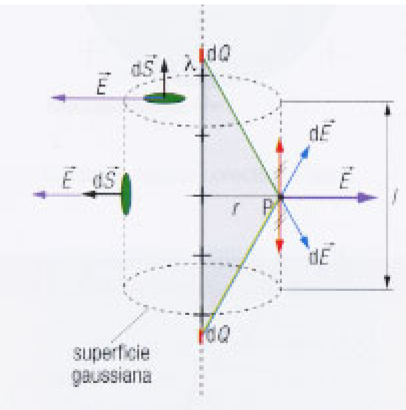
9 Calcula el trabajo que se necesita para trasladar un culombio desde un punto de potencial 100 V a otro de 10 V de potencial. ¿Y si se tratase de puntos de una superficie equipotencial? (Prueba de acceso).

$$W = q\,(V_1 - V_2) = 1\text{ C} \cdot (100\text{ V} - 10\text{ V}) = -90\text{ J}.$$

Entre dos puntos de una superficie equipotencial no se realiza trabajo la que diferencia de potencial entre cualesquiera dos puntos es nula.

1 0 Campo creado por un hilo conductor rectilíneo de longitud indefinida a una distancia r del hilo. (Prueba de acceso).

Es una aplicación del teorema de Gauss



Disponernos de un conductor metálico rectilíneo infinitamente largo, cargado uniformemente con una densidad lineal de carga positiva λ, = Q/ℓ, del que se pretende hallar el campo $\vec{E}$ que crea a una distancia r Para determinar la dirección de dicho campo tomamos dos elementos de carga simétricos dQ. Cada uno de ellos producirán en un punto P arbitrario un campo $d\vec{E}$, que se puede descomponer en dirección radial y transversal. Las componentes transversales se anulan al ser iguales en módulo y dirección pero de sentidos opuestos. Sin embargo, las componentes radiales se suman. Un consecuencia, el campo $\vec{E}$ tendrá dirección radial.

Como el campo $\vec{E}$ ha de ser perpendicular a la superficie gaussiana, esta puede ser un cilindro de radio r (de forma que pase por el punto P) y altura ℓ cuyo eje coincide con el hilo de carga, siendo además, por la simetría del problema, constante el módulo de $\vec{E}$ sobre dicha superficie. La superficie cilíndrica S está formada por las dos bases de superficie S_B y la cara lateral de superficie S_L. Por tanto, aplicando el teorema de Gauss:

$$\oint\!\!\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \iint_{S_B} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \iint_{S_B} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \iint_{S_L} \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Como en las bases el campo $\vec{E}$ y $d\vec{S}$ son perpendiculares, las dos primeras integrales son nulas y puesto que la carga encerrada por la superficie gaussiana es Q = $\lambda\cdot\ell$, la expresión anterior queda:

$$\iint_{S_L} E\cdot dS\cdot\cos 0^\circ = \frac{\lambda\cdot l}{\varepsilon_0} \Rightarrow E\iint_{S_L} dS = \frac{\lambda\cdot l}{\varepsilon_0}$$

Como $\iint_{S_L} dS$ representa la superficie lateral del cilindro y esta vale $2\pi\cdot r\cdot\ell$:

$$E\cdot 2\pi r\cdot l = \frac{\lambda\cdot l}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

1 1 Señala analogías y diferencias entre los campos eléctrico y gravitatorio. (Prueba de acceso).

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

	CAMPO ELÉCTRICO	C. GRAVITATORIO	COMPARACIÓN
Agente creador	Carga	Masa	Las q pueden ser + o – las masas no.
Fuerza a distancia	$\vec{F} = K\frac{Qq}{r^2}\vec{u}$	$\vec{F} = -G\frac{Mm}{r^2}\vec{u}$	Las fuerzas gravitatorias son siempre de atracción y las eléctricas pueden ser atractivas o repulsivas y ambas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia.
Constante	$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$	$G = 6{,}67\cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$	K depende del medio pero G no.
Intensidad del campo	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$	Las definiciones son equivalentes (la intensidad es la fuerza sobre el “testigo” unidad).
Líneas de campo	Nacen en la q + y mueren en la q-	Mueren en la masa	En el campo gravitatorio no existen fuentes de línea de campo. Ambas son centrales
Características	Es conservativo $E_p = K\frac{Qq}{r}, V = K\frac{Q}{r}$	Es conservativo $E_p = -G\frac{Mm}{r}, V = -G\frac{M}{r}$	En el campo gravitatorio la E_p siempre es negativa; en el eléctrico el signo de E_p depende de las cargas que interaccionan.
Representación	Superficies de V = cte. Líneas de campo	Superficies de V = cte. Líneas de campo	

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

1 2 Si tienes dos varillas de hierro iguales, una magnetizada y otra no, ¿cómo puedes averiguar cuál es un imán?

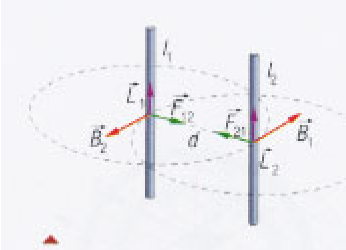
❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

Acercando una brújula, si la aguja oscila es que es la varilla magnetizada.

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

1 3 Dos cables largos y paralelos que transportan corrientes eléctricas se atraen o repelen a causa de los campos magnéticos generados por ellos. Explica cualitativamente el fenómeno. (Prueba de acceso).

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋


Dos corrientes paralelas del mismo sentido se atraen.

Se consideran dos conductores paralelos rectilíneos e indefinidos, de sección despreciable, separados una distancia d y recorridos, cada uno de ellos, por corrientes I_1, e I_2 del mismo sentido. El conductor 1 crea en los puntos ocupados por el conductor 2 un campo $\vec{B}_1$, que es perpendicular a este y de módulo:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1}{d}$$

Como el conductor 2 está recorrido por la corriente I_2, actuará sobre él una fuerza perpendicular al conductor 2 contenida en el plano que forman hilos. Esta fuerza $\vec{F}_{21}$, que el campo $\vec{B}_1$, ejerce sobre un tramo de éste de longitud $\vec{L}_2$:

$$\vec{F}_{21} = I_2\cdot(\vec{L}_2 \times \vec{B}_1) \Rightarrow F_{21} = B_1\cdot L_2\cdot I_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1\cdot I_2}{d}\cdot L_2$$

A su vez, el conductor 2 creará en los puntos del conductor 1, una inducción magnética $\vec{B}_2$ perpendicular a él y de módulo:

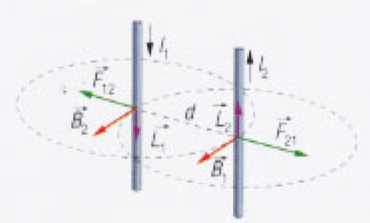
$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_{21}}{d}$$

que ejercerá una fuerza $\vec{F}_{12}$ sobre un tramo del conductor 1, de longitud $\vec{L}_1$, también perpendicular al conductor, contenida en el plano que forman ambos conductores:

$$\vec{F}_{12} = I_1\cdot(\vec{L}_1 \times \vec{B}_2) \Rightarrow F_{12} = B_2\cdot L_1\cdot I_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1\cdot I_2}{d}\cdot L_1$$

Como se puede apreciar, las fuerzas ejercidas sobre cada conductor son diferentes, pero iguales por unidad de longitud:

$$\frac{F_{12}}{L_1} = \frac{F_{21}}{L_2} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1\cdot I_2}{d}$$

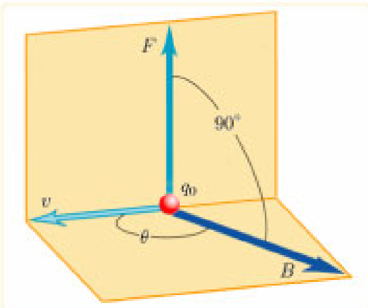

Dos corrientes paralelas de sentidos opuestos se repelen.

Como se puede observar en la figura situada en el margen, cuando las corrientes de los conductores circulan en sentidos opuestos, las fuerzas ejercidas sobre cada uno de ellos son repulsivas.

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

1 4 De los tres vectores que aparecen en la ecuación **F** = q**v** x **B** ¿cuáles son siempre perpendiculares entre sí y cuáles pueden no ser siempre perpendiculares?

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻



Carga = q = escalar

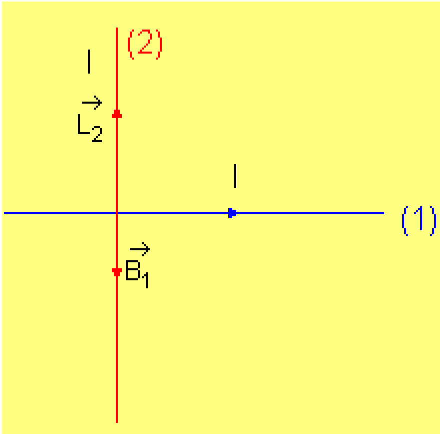
Como el vector resultante de un producto vectorial es siempre perpendicular a los vectores que se multiplican:

$$\begin{cases} \vec{F} \perp \vec{v} \\ \vec{F} \perp \vec{B} \end{cases}$$ el vector fuerza es perpendicular al plano formado por $\vec{v}$ y $\vec{B}$.

$\vec{v}$ y $\vec{B}$ forman cualquier ángulo.

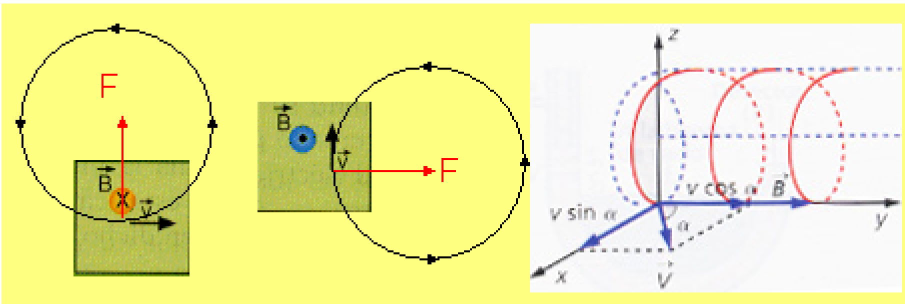
✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

15 Si dos conductores rectilíneos situados en el mismo plano se cruzan perpendicularmente (sin tocarse), ¿cuál es el valor de la fuerza por unidad de longitud si I = 1 A?



El conductor 1 crea en el conductor 2 un campo magnético que al ser perpendicular al 1 el paralelo al 2 y por tanto el producto vectorial de su vector longitud por el vector campo creado por el nulo es nulo $\vec{L}_2 x \vec{B}_1 = 0$ (ya que al ser paralelos el seno del ángulo formado, 0º 0 180º es nulo), luego la fuerza ejercida también lo es.

16 Una muestra radiactiva emite electrones con una velocidad v en un campo magnético B. Dibuja en cada uno de los casos de la figura la trayectoria seguida por los electrones.



Si la carga entra perpendicularmente $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \Rightarrow F = q\cdot v\cdot B\cdot sen90º = q\cdot v\cdot B$ la fuerza es constante y dirigida perpendicularmente al plano formado por los vectores velocidad y campo. Si una fuerza constante y perpendicular actúa sobre una partícula sabemos que la fuerza a describir una trayectoria circular, movimiento circular uniforme.

Una partícula de masa m y carga q penetra con velocidad $\vec{v}$ en un campo magnético uniforme, en una dirección que forma un ángulo α con $\vec{B}$. Si elegimos unos ejes de manera que el OY sea paralelo al campo $\vec{B}$, tenemos:

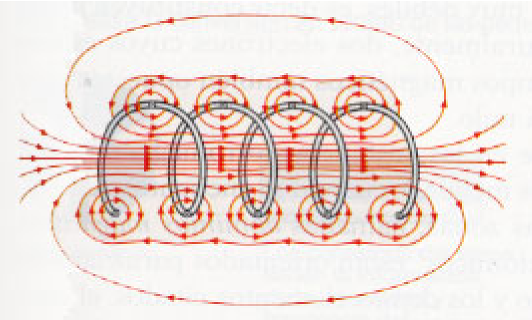
$$\begin{cases} \vec{v} = v sen\alpha \ \vec{i} + v\cos\alpha \ \vec{j} \\ \vec{B} = B \ \vec{j} \end{cases}$$

Como la fuerza sobre una carga móvil es $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$, dicha fuerza sólo actúa sobre la componente perpendicular de la velocidad, el producto vectorial del campo por la componente horizontal es nulo ya que su producto vectorial es nulo sen0º = sen 180º = 0. Como consecuencia la partícula describe un movimiento circular uniforme en un plano perpendicular a $\vec{B}$ (plano ZX), como la componente paralela al campo (vcosα) se mantiene constante la trayectoria circular se modifica, transformándose en una helicoidal en la dirección del eje OY.

1 7 Determina el trabajo que realiza un campo magnético sobre un electrón cuando lo desvía 90° respecto de su dirección inicial.

No se realiza trabajo por que la fuerza ejercida, al ser perpendicular a la velocidad no puede modificar su módulo, tan sólo modifica su dirección (haciendo que describa un movimiento circular) luego no hay variación de energía cinética es decir no realiza trabajo, la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares y su producto escalar, por tanto, nulo.

1 8 Para simplificar el cálculo del campo magnético creado por un solenoide no se tienen en cuenta los efectos en los bordes pero, si se consideraran, ¿dónde sería mayor la densidad de energía, en el centro o en los extremos de la bobina?



Como se aprecia en el dibujo el número de de líneas de campo por unidad de superficie es mayor en el centro del solenoide que en los extremos (en donde ya comienza a separarse) luego la densidad de energía en el centro será mayor que en los extremos.

1 9 ¿Qué tipo de campo crea una carga puntual q que se mueve con una velocidad v?

Una carga q en movimiento crea un campo magnético.

2 0 Un haz de electrones entra en una zona del espacio y se desvía lateralmente. Explica qué tipo de campo o campos pueden producir dicha desviación.

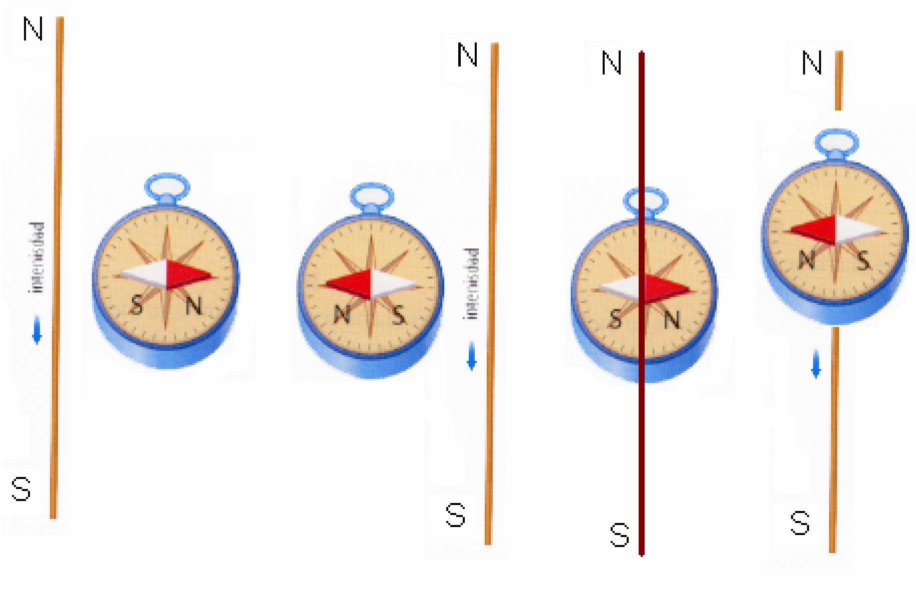
Si la desviación lateral describe una circunferencia el campo que la produce es un campo magnético que genera una fuerza constante perpendicular a la velocidad lo que hace que la partícula describa una trayectoria circular. Si la desviación lateral es una parábola entonces el campo que la produce es un campo eléctrico.

❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

2 1 Situamos un conductor recto en la dirección del meridiano magnético y hacemos pasar por él una corriente en el sentido NS. Explica cómo se desviará una brújula si se sitúa encima, debajo o a un lado u otro el conductor y en su mismo plano.

❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Se desvía de manera que tiende a colocarse perpendicular a la corriente y de manera que los polos magnéticos se enfrenten.

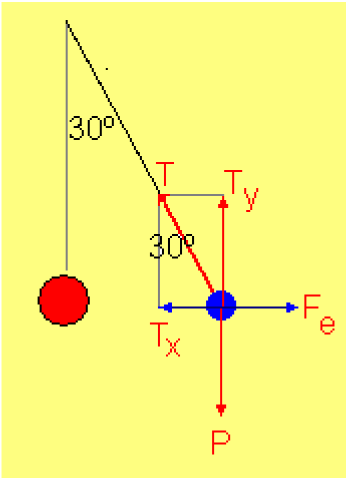


❋❋❋✪✪❁✪✪❋❋❋

Ejercicios numéricos

CAMPO ELÉCTRICO

➀ Imagina una esferilla metálica fija con carga Q y que situamos junta a ella un péndulo eléctrico con carga q = 1 nC, de masa 0,5 g y un hilo de 50 cm de longitud. Si comprobamos que la distancia entre las cargas es 15 cm y el ángulo que forma el hilo con la vertical es 30°, ¿cuál es el valor de la carga Q?



❋❋❋❁❁✪❁❁❋❋❋

Peso = P = m·g

En el eje horizontal se cumple: $F_e = T_x = T$ sen30º
En el eje vertical $P = T_y = T \cos 30º$
Si despejamos la tensión T de la segunda y la sustituimos en la primera tenemos:

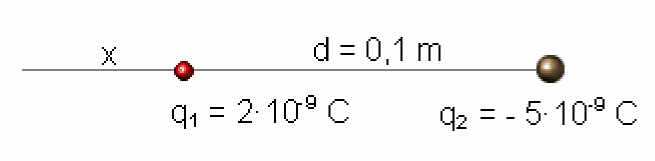
$$T = \frac{P}{\cos 30^o} \Rightarrow F_e = T_x = T\text{sen}30^o = \frac{P}{\cos 30^o}\cdot\text{sen}30^o = P\text{tg}30^o = m\cdot g\cdot\text{tg}30^o = 0{,}5\cdot 10^{-3}\,\text{kg}\cdot 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot\text{tg}30^o = 2{,}83\cdot 10^{-3}\,\text{N}$$

Y conocida la fuerza de repulsión electrostática podemos hallar una de las cargas que la genera:

$$F_e = K\frac{Q\cdot q}{d^2} \Leftrightarrow Q = \frac{F_e\cdot d^2}{k\cdot q} = \frac{2{,}83\cdot 10^{-3}\,\text{N}\cdot 0{,}15^2\,\text{m}^2}{9\cdot 10^9\,\frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}\cdot 1\cdot 10^{-9}\,\text{C}} = 7{,}07\cdot 10^{-6}\ \text{C}$$

② Tenemos dos cargas puntuales sobre el eje X, q_1 = 2 nC situada en el origen de coordenadas, y a la derecha q_2 = -5 nC separada 10 cm de q_1. Determina en qué punto, o puntos, del eje X el potencial es cero.

Hay dos posibilidades:



$$V_1 + V_2 = 0;\ k\frac{q_1}{x} + k\frac{q_2}{d+x} = 0 \Leftrightarrow \frac{q_1}{x} - \frac{q_2}{d+x} = 0$$

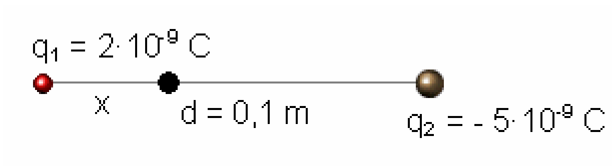
$$\frac{q_1}{x} = \frac{q_2}{d+x} \Leftrightarrow (d+x)q_1 = q_2x \Leftrightarrow dq_1 = (q_2 - q_1)x \Rightarrow$$

$$x = \frac{dq_1}{q_2 - q_1} = \frac{0{,}1\cdot 2\cdot 10^{-9}}{5\cdot 10^9 - 2\cdot 10^{-9}} = 0{,}0\hat{6}\text{m} = 6{,}\hat{6}\text{ cm}$$

$$V_1 + V_2 = 0;\ k\frac{q_1}{x} + k\frac{q_2}{d-x} = 0 \Leftrightarrow \frac{q_1}{x} - \frac{q_2}{d-x} = 0$$

$$\frac{q_1}{x} = \frac{q_2}{d-x} \Leftrightarrow (d-x)q_1 = q_2x \Leftrightarrow dq_1 = (q_2 + q_1)x \Rightarrow$$

$$x = \frac{dq_1}{q_2 + q_1} = \frac{0{,}1\cdot 2\cdot 10^{-9}}{5\cdot 10^9 + 2\cdot 10^{-9}} = 0{,}0286\text{m} = 2{,}86\text{ cm}$$



La tercera posibilidad, a la derecha de q_2, no da potencial nula que como el potencial es directamente proporcional a la carga e inversamente a la distancia, el módulo del potencial debido a q_2 siempre sería mayor al de q_1 (tiene mayor carga y estaría a menor distancia) y no se anularía nunca.

③ Dadas las cargas $q_1 = 10^{-6}$ C y $q_2 = -2.10^{-6}$ C, están situadas a 2 m una de otra. Se pide:

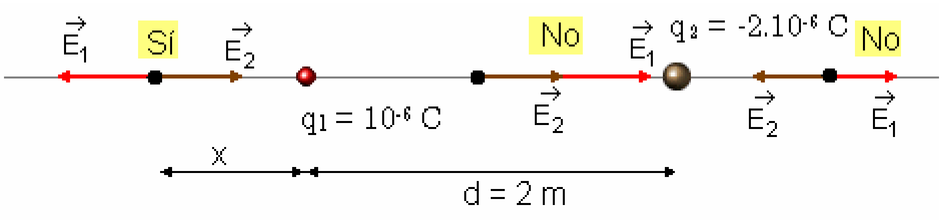
a) Determinar en qué punto se anula la intensidad del campo eléctrico creado por estas cargas.

b) Calcular el potencial eléctrico en dicho punto.

(Prueba de acceso).

$q_1 = 10^{-6}$ C; $q_2 = -2.10^{-6}$ C y d = 2 m.

a) Entre las dos cargas se forman tres intervalos, que estudiamos:



A la derecha de la carga negativa (q_2) no puede anularse el campo eléctrico ya que, al ser campo proporcional a la carga e inversamente proporcional a la distancia y $|q_2| > q_1$ y $d_2 < d_1$ $E_2 > E_1$. Entre las cargas los dos vectores llevan el mismo sentido (derecha) y no se anulan. A la izquierda de la carga positiva (a una distancia x) es donde puede anularse la resultante de los dos vectores campo para lo cual han de tener módulos iguales:

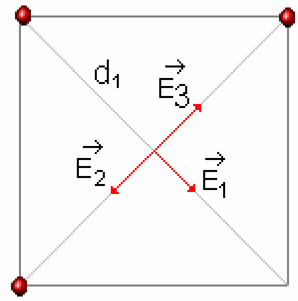
$$E_1 = E_2 \Leftrightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(d+x)^2} \Leftrightarrow \frac{x^2}{(d+x)^2} = \frac{q_1}{q_2} \Leftrightarrow \left(\frac{x}{d+x}\right)^2 = \frac{q_1}{q_2} \Leftrightarrow \frac{x}{d+x} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \Leftrightarrow x = (d+x)\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \Leftrightarrow$$

$$x\left(1-\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}\right) = d\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \Leftrightarrow x = \frac{d\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}}{1-\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}} = \frac{2\sqrt{\frac{10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6}}}}{1-\sqrt{\frac{10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6}}}} = \frac{2.\frac{\sqrt{2}}{2}}{1-\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\frac{2\sqrt{2}}{2}}{\frac{2-\sqrt{2}}{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{2-\sqrt{2}} = 2(\sqrt{2}+1) = 4{,}8\,\text{m}$$

b) $$V = V_1 + V_2 = k\frac{q_1}{x} - k\frac{q_2}{d+x} = 9 \cdot 10^9\left(\frac{10^{-6}}{4{,}8} - \frac{2 \cdot 10^{-6}}{6{,}8}\right) = -772\,\text{V}$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

④ Tres cargas positivas de $2 \cdot 10^{-6}$ C se encuentran situadas en tres vértices de un cuadrado de 1 m de lado, quedando libre el vértice inferior derecho. Calcular la intensidad del campo eléctrico y el potencial en el centro del cuadrado, indicando cuál es el significado físico de los valores obtenidos. (Prueba de acceso).



✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

$$d_1 = \frac{d}{2} = \frac{\sqrt{2l^2}}{2} = \frac{l\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Como las tres cargas son iguales $E_2 = E_3$ y al tener la misma dirección y sentido contrario, los vectores se anulan, quedando sólo el campo debido a la carga q_1:

$$\left|\vec{E}_1\right| = k\frac{q_1}{d_1^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6}}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} = 36 \cdot 10^3\ \text{N} \Rightarrow \vec{E}_1 = |E_1|\cos 45^\circ\ \vec{i} - |E_1|\,\text{sen}45^\circ\ \vec{i} = 2{,}55 \cdot 10^4(\vec{i} - \vec{j})$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 3V_1 = 3 \cdot k\frac{q}{d_1} = 3 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}/2} = 76367{,}5\,\text{V}$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

⑤ Tenemos un campo eléctrico uniforme dirigido verticalmente de abajo hacia arriba, cuya intensidad es 10^4 N/C. Calcula:

a) La fuerza ejercida por este campo sobre un electrón.
b) Compara la fuerza ejercida con el peso del electrón.
c) La energía cinética adquirida cuando haya recorrido 1 cm partiendo del reposo.
d) El tiempo que necesita para recorrer dicha distancia.

Datos: Masa del electrón = $9{,}1\cdot10^{-28}$ g, carga del electrón = $1{,}6\cdot10^{-19}$ C. (Prueba de acceso).

✲✲✲❀❀✪❀❀✲✲✲

a) $\vec{F} = q\cdot\vec{E} = -1{,}6\cdot10^{-19}\,C\cdot10^4\,\vec{j}\,\frac{N}{C} = -1{,}6\cdot10^{-15}\,\vec{j}$ N.

b) $\frac{F}{P} = \frac{q\cdot E}{m\cdot g} = \frac{1{,}6\cdot10^{-15}N}{9{,}1\cdot10^{-31}kg\cdot9{,}8\,\frac{m}{s^2}} = \frac{1{,}6\cdot10^{-15}N}{8{,}918\cdot10^{-30}N} = 1{,}79\cdot10^{14}$.

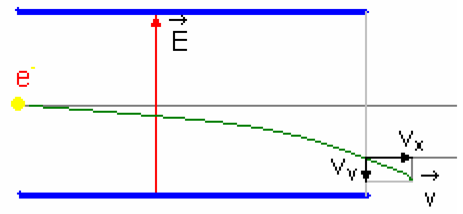
c) $E_c = \Delta W = F\cdot d = 1{,}6\cdot10^{-15}N\cdot0{,}01m = 1{,}6\cdot10^{-17}$ J.

d) Como $F = m\cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} \Rightarrow e = \frac{1}{2}a\cdot t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2e}{a}} = \sqrt{\frac{2e}{\frac{F}{m}}} = \sqrt{\frac{2e\cdot m}{F}} = \sqrt{\frac{2\cdot0{,}01\cdot9{,}1\cdot10^{-31}}{1{,}6\cdot10^{-15}}} = 3{,}37\cdot10^{-9}$ s.

✲✲✲✪✪❀✪✪✲✲✲

⑥ Se tiene un condensador plano cuyas placas son cuadrados de 20 cm de lado. Paralelamente a sus láminas penetra un electrón de rapidez $3\cdot10^6$ m/s. Calcular la intensidad del campo eléctrico en el condensador si el electrón sale del mismo formando un ángulo de 30° con una de sus placas.

(e = 1,6 . 10^{-19} C; m = 9,1.10^{-31} kg) (Prueba de acceso).



✲✲✲❀❀✪❀❀✲✲✲

Es un caso típico de superposición de dos movientos, uno horizontal con velocidad constante $v_x = v_0 = 3\cdot10^6$ m/s y el otro vertical sometido a la acción del campo E, que produce una fuerza y, por tanto una aceleración

$a = \frac{F}{m_e} = \frac{q_e E}{m_e}$ cuya composición genera un movimiento parabólico cuyo ángulo de salida cumple:

$$tg\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{a\cdot t}{v_x} = \frac{\frac{q_e E}{m_e}\cdot\frac{x}{v_x}}{v_x} = \frac{q_e\cdot E\cdot x}{m_e\cdot v_x^2} \Leftrightarrow E = \frac{m_e\cdot v_x^2\cdot tg\alpha}{q_e\cdot x} = \frac{9{,}1\cdot10^{-31}\cdot(3\cdot10^6)^2\cdot tg30^\circ}{1{,}6\cdot10^{-19}\cdot0{,}2} = 147{,}77\,\frac{N}{C}$$

Ya que según el eje horizontal el movimiento es uniforme y, por tanto, $x = v_x\,t$ luego $t = \frac{x}{v_x}$

✲✲✲✪✪❀✪✪✲✲✲

⑦ Se tienen dos esferas metálicas de 5 y 8 cm de radio cargadas con 4.10^{-5} C cada una.

a) Si las esferas están muy separadas, calcular la ddp entre las dos esferas.

b) Si se unen las esferas con un conductor, calcular la carga que pasa por el hilo hasta alcanzar el equilibrio.

c) Calcular el potencial de cada esfera cuando se ha alcanzado el equilibrio. (Prueba de acceso).

a) $V = V_1 - V_2 = K\frac{q_1}{r_1} - k\frac{q_2}{r_2} = k\cdot q\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = 9\cdot 10^9\cdot 4\cdot 10^{-5}\left(\frac{1}{0{,}05} - \frac{1}{0{,}08}\right) = 2{,}7\cdot 10^6\,\mathrm{V}.$

b) Al unir las esferas con un conductor las cargas se distribuyen de manera que los nuevos potenciales en las esferas se igualen:

$$V_1' = V_2' \Leftrightarrow k\frac{q_1'}{r_1} = k\frac{q_2'}{r_2} \Leftrightarrow \frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2} \Leftrightarrow r_2\cdot q_1' = r_1\cdot q_2'$$

Con la ecuación anterior y el hecho de que la carga total no se modifica (sólo se distribuye) nos proporciona un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas que resuelto nos proporciona la nueva distribución de las cargas en las esferas:

$$\begin{cases} r_2\cdot q_1' = r_1\cdot q_2' \\ q_1' + q_2' = q_1 + q_2 = 2q = 8\cdot 10^{-5}\,\mathrm{C} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 8q_1' = 5q_2' \\ q_1' + q_2' = 8\cdot 10^{-5} \end{cases} \Rightarrow q_1' = \frac{5}{8}q_2' \Rightarrow \frac{5}{8}q_2' + q_2' = 8\cdot 10^{-5} \Leftrightarrow$$

$$q_2' = \frac{8\cdot 10^{-5}}{13/8} = 4{,}923\cdot 10^{-5}\,\mathrm{C} \text{ y, por tanto, } q_1' = 8\cdot 10^{-5} - q_2' = 3{,}0769\cdot 10^{-5}\,\mathrm{C} \Rightarrow \Delta q = q_2' - q_2 = q_1 - q_1' = 9{,}23\cdot 10^{-6}\,\mathrm{C}$$

c) $$\begin{cases} V_1' = k\cdot\frac{q_1'}{r_1} = 9\cdot 10^9\,\frac{3{,}0769\cdot 10^{-5}}{0{,}05} = 5{,}54\cdot 10^6\ \mathrm{V} \\ V_2' = k\cdot\frac{q_2'}{r_2} = 9\cdot 10^9\,\frac{4{,}923\cdot 10^{-5}}{0{,}08} = 5{,}54\cdot 10^6\ \mathrm{V} \end{cases}.$$

⑧ Entre dos placas cargadas paralelas hay una diferencia de potencial de 200 V En la región comprendida entre ambas placas existe un campo eléctrico de 400 N/C de módulo. Determina:

a) La separación entre placas.

b) El módulo de la aceleración que experimenta una partícula de 0,01 kg de masa con una carga de 10^{-4} C situada entre las placas.

c) La variación de energía potencial eléctrica de dicha partícula si va de la placa negativa a la positiva. (Prueba de acceso).

a) $\Delta V = E\cdot d \Leftrightarrow d = \frac{\Delta V}{E} = \frac{200\,\mathrm{V}}{400\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}} = 0{,}5\,\mathrm{m}.$

b) $F = E\cdot q = m\cdot a \Leftrightarrow a = \dfrac{E\cdot q}{m} = \dfrac{400\dfrac{N}{C}\cdot 10^{-4}C}{0{,}01kg} = 4\dfrac{m}{s^2}$.

c) $\Delta E_p = \Delta V\cdot q = 200V\cdot 10^{-4}C = 0{,}02$ J.

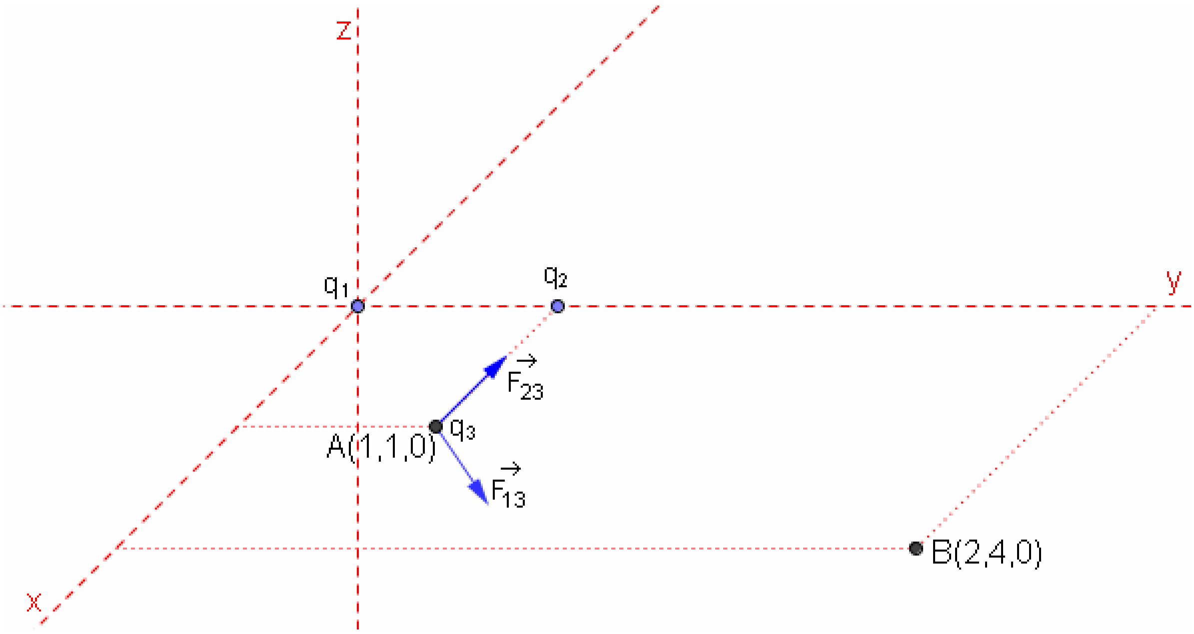
✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

⑨ Sean dos cargas $q_1 = 4$ µC y $q_2 = -1$ µC, situadas en los puntos P_1 (0, 0, 0) y P_2 (0, 1, 0), respectivamente. Calcular:

a) La fuerza eléctrica a la que está sometida la carga $q_3 = 8.\ 10^{-6}$ C, situada en el punto A (1, 1, 0).

b) El trabajo necesario para trasladar la carga q_3 desde el punto A al punto B (2, 4, 0). Las coordenadas de los puntos están dadas en metros y $\varepsilon_0 = 8{,}84\cdot 10^{-12}$ SI (Prueba de acceso).

✻✻✻✻❃❃✪❃❃✻✻✻



a) $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{q_1\cdot q_3}{d_{13}^2}(\cos 45^o\,\vec{i} + \text{sen}45^o\,\vec{j}) + \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{q_2\cdot q_3}{d_{23}^2}(-\vec{i}) =$

$= 9\cdot 10^9\cdot\left[\dfrac{4\cdot 10^{-6}\cdot 8\cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2}\left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}\vec{i} + \dfrac{\sqrt{2}}{2}\vec{j}\right) + \dfrac{1\cdot 10^{-6}\cdot 8\cdot 10^{-6}}{1^2}(-\vec{i})\right] = 0{,}03\,\vec{i} + 0{,}1018\,\vec{j}$ N.

b) Como $W = -q_3(V_B - V_A)$ hemos de calcular:

$$V_B = k\left[\frac{q_1}{d_{1B}} - \frac{q_2}{d_{2B}} + \frac{q_3}{d_{3B}}\right] = 9\cdot 10^9\left(\frac{4\cdot 10^{-6}}{\sqrt{2^2+4^2}} - \frac{10^{-6}}{\sqrt{2^2+3^2}} + \frac{8\cdot 10^{-6}}{\sqrt{1^2+3^2}}\right) = 28322{,}1\,V$$

$$V_A = k\left[\frac{q_1}{d_{1A}} - \frac{q_2}{d_{2A}}\right] = 9\cdot 10^9\left(\frac{4\cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}} - \frac{10^{-6}}{1}\right) = 16455{,}84\,V$$

luego $W = -q_3(V_B - V_A) = -8\cdot 10^{-6}$ C(28 322,1 V – 16 455,84 V) = - 0,095 J.

✻✻✻✪✪❃✪✪✻✻✻

⑩ Dos cargas puntuales iguales $q_1 = q_2 = 1\ \mu C$, están situadas en los puntos O(0; 0) m y P(0; 0,3) m. Calcula el trabajo que habrá que realizar para llevar una tercera carga $q_3 = 3\ \mu C$ desde A(0,15; 0,10)m al punto medio, B, del segmento determinado por las cargas q_1 y q_2. (Dato: $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^9\ Nm^2C^{-2}$). (Prueba de acceso).

❄❄❄❄❄✪❄❄❄❄❄

Hallamos primero el potencial en los puntos A y B:

$$V_A = k\left[\frac{q_1}{d_{1A}} + \frac{q_2}{d_{2A}}\right] = k \cdot q\left[\frac{1}{d_{1A}} + \frac{1}{d_{2A}}\right] = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}\left(\frac{1}{\sqrt{0{,}15^2 + 0{,}10^2}} + \frac{1}{\sqrt{0{,}15^2 + 0{,}20^2}}\right) = 85923\ V$$

$$V_B = k\left[\frac{q_1}{d_{1B}} + \frac{q_2}{d_{2B}}\right] = k \cdot q\left[\frac{1}{d_{1B}} + \frac{1}{d_{2B}}\right] = 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}\left(\frac{1}{0{,}15} + \frac{1}{0{,}15}\right) = 120000\ V$$

y ahora el trabajo $W = q_3(V_B - V_A) = 3 \cdot 10^{-6}\ C(-85\ 923V + 120\ 000\ V) = 0{,}102\ J$

❄❄❄✪✪❄✪✪❄❄❄

CAMPO MAGNÉTICO

⑪ Un solenoide de longitud 10 cm tiene 400 espiras y conduce una corriente de 2 A. Calcula el campo en el interior del solenoide.

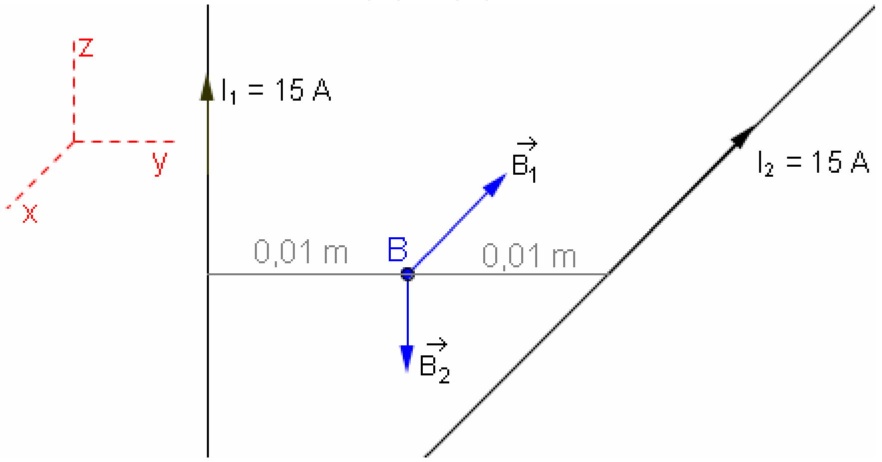
❄❄❄❄❄✪❄❄❄❄❄

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{a} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{400 \cdot 2}{0{,}1} = 0{,}01\ T$$

❄❄❄✪✪❄✪✪❄❄❄

⑫ Dos corrientes rectilíneas de 15 A se cruzan perpendicularmente a una distancia de 2 cm. Haz un dibujo de la situación y calcula el módulo de la intensidad del campo magnético en el punto medio del segmento de 2 cm perpendicular a las corrientes.

❄❄❄❄❄✪❄❄❄❄❄

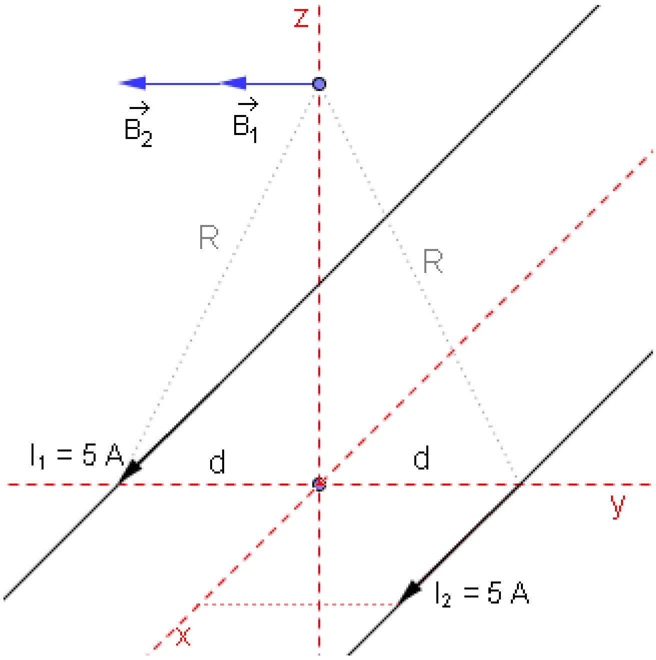


$$\vec{B}_1 = B_1(-\vec{i}) = -\frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1}{R_1}\vec{i} = -\frac{4\pi\cdot10^{-7}}{2\pi}\cdot\frac{15}{0{,}01}\vec{i} = -3\cdot10^{-4}\,\vec{i}\ \text{T.}$$

$$\vec{B}_2 = B_2(-\vec{k}) = -\frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_2}{R_2}\vec{k} = -\frac{4\pi\cdot10^{-7}}{2\pi}\cdot\frac{15}{0{,}01}\vec{i} = -3\cdot10^{-4}\,\vec{k}\ \text{T.}$$

luego: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = -3\cdot10^{-4}\,\vec{i} - 3\cdot10^{-4}\,\vec{k}\ \text{T} \Rightarrow B = \sqrt{2}\cdot3\cdot10^{-4}\ \text{T}$

13 Por dos conductores rectilíneos, paralelos y de longitud infinita, circulan en el mismo sentido corrientes eléctricas de intensidad I. Los conductores se encuentran situados en el plano Z = 0, paralelos al eje OX, pasando uno por el punto (0, - d, 0) y el otro por el punto (0, d, 0). Calcula el campo magnético creado por dichas corrientes en el punto P(0, 0, 2d). Datos: d = 2m, I = 5 A, μ_0= 4π. 10^{-7} SI (Prueba de acceso).



$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 2\vec{B}_1 = 2B_1(-\vec{j}) = -2\cdot\frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I}{R}\vec{j} =$$

$$= -2\frac{4\pi\cdot10^{-7}}{2\pi}\cdot\frac{5}{\sqrt{d^2+(2d)^2}}\vec{j} = -4{,}472\cdot10^{-7}\,\vec{j}\ \text{T}$$

FUERZAS ENTRE CAMPOS, CARGAS Y CONDUCTORES

14 Los dos hilos, de 2 m de longitud cada uno, del cordón de conexión de un electrodoméstico están separados 3 mm y transportan una corriente continua de 8 A. Calcula las fuerzas que se ejercen dichos hilos.

$$F_{12} = F_{21} = \frac{\mu_0\cdot I_1\cdot I_2\cdot L}{2\pi d} = \frac{4\pi\cdot10^{-7}\cdot8\cdot8\cdot2}{2\pi\cdot3\cdot10^{-3}} = 8{,}53\cdot10^{-3}\ \text{N.}$$

15 Un hilo conductor de 10 cm paralelo al eje x transporta una corriente de 12 A en el sentido positivo de ese eje y se coloca dentro de un campo magnético B = (-0,2 i, 0,8 j, 0) T. ¿Qué fuerza hemos de aplicar para que el hilo no se mueva?

La fuerza a aplicar debe del mismo módulo y dirección pero de sentido contrario a la que el campo hace sobre el conductor, que es:

$\vec{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B} = 12A \cdot 0{,}1\ \vec{i}\ m \times (-0{,}2\ \vec{i} + 0{,}8\ \vec{j})T = 12\left[0{,}1 \cdot (-0{,}2)\ \vec{i} \times \vec{i} + 0{,}1 \cdot 0{,}8\ \vec{i} \times \vec{j}\right] = 12 \cdot 0{,}08\ \vec{k} = 0{,}96\ \vec{k}$ N ya que $\vec{i} \times \vec{i} =$ 0 y $\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$, luego la fuerza que debemos aplicar es $\vec{F}_a = -0{,}96\ \vec{k}$

16 Dadas dos corrientes eléctricas, rectilíneas y paralelas, separadas por una distancia de 10 cm y de intensidades 1 A y 2 A, hallar el vector fuerza que se ejerce sobre la corriente de 2 A. (Prueba de acceso).

El vector fuerza irá dirigido hacia la primera carga y su módulo valdrá:

$$F_{1\to 2} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 2 \cdot L_2}{2\pi \cdot 0{,}1} = 4 \cdot 10^{-6} L_2\ \mathrm{N}$$

17 Un hilo conductor de 6 cm cuelga horizontalmente de uno de los platos de una balanza equilibrada de manera que el hilo se encuentra en un campo magnético perpendicular a él. Cuando se hace pasar una corriente de 2 A por el hilo, es necesario añadir 1,1 g para restablecer el equilibrio. Repitiendo el proceso con corrientes de 2,3; 2,5; 2,9; 3,5 y 4 A se han de agregar, respectivamente 1,25; 1,4; 1,6; 1,9 y 2,2 gramos.

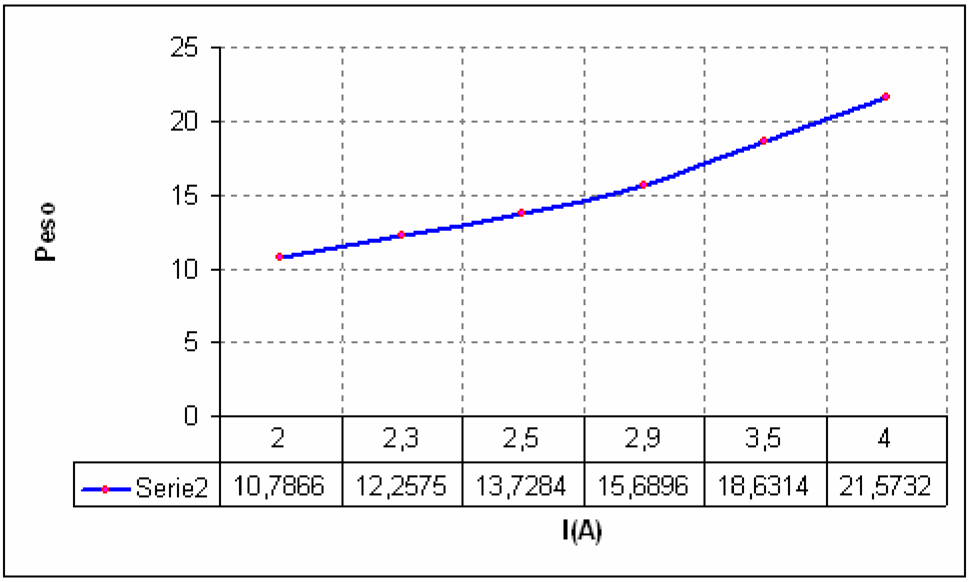
Representa gráficamente la fuerza magnética en función de la corriente y halla el valor del campo magnético. (Toma g = 9,806 N/kg).

El peso de las masas que es necesario añadir es igual a la fuerza que el campo magnético ejerce sobre el hilo para las distintas intensidades de la corriente.

Como P = m·g y g es constante podemos considerarlo proporcional a la masa y tabular:

I(A)	2	2,3	2,5	2,9	3,5	4
Masa(g)	1,1	1,25	1,4	1,6	1,9	2,2

En la figura siguiente tabulamos las intensidades frente al peso:



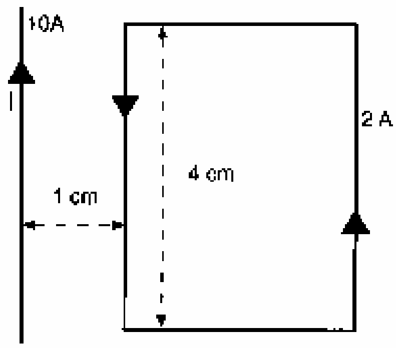
Como el peso ha de ser igual a la fuerza magnética, el módulo de la inducción magnética es:

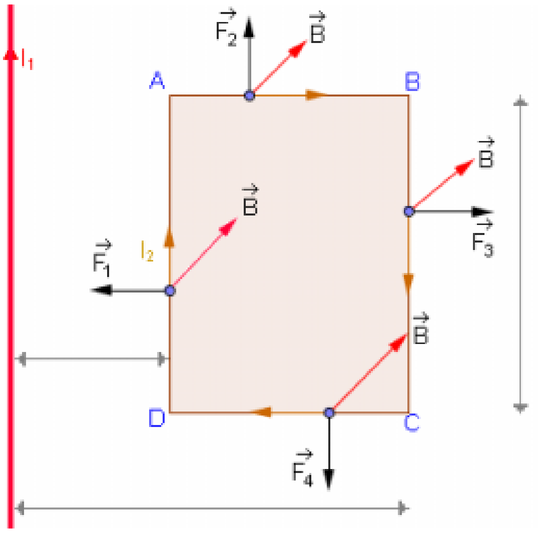
$$m_1 g = I_1 \cdot L \cdot B \Rightarrow B = \frac{m_1 \cdot g}{I_1 \cdot L} = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}806}{2 \cdot 0{,}06} = 0{,}0899\ \mathrm{T}$$

18 Una bobina circular de 50 espiras tiene un radio medio de 2 cm y se coloca en un campo magnético de 0,2 T que forma con la normal a la espira un ángulo de 60°. ¿Cuál es el valor del momento del par de fuerzas que se ejerce sobre la bobina cuando la recorre una corriente de 1 A?

$$\vec{M} = N \cdot I \cdot \vec{S} \times \vec{B} \Rightarrow M = N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \mathrm{sen}\alpha = 50\,\mathrm{espiras} \cdot 1\mathrm{A} \cdot \pi \cdot 0{,}02^2\,\mathrm{m}^2 \cdot 0{,}2\mathrm{T} \cdot \mathrm{sen}60º = 0{,}011\ \mathrm{N \cdot m}$$

19 Halla la fuerza total que la corriente rectilínea ejerce sobre la bobina rectangular de la figura, sabiendo que tiene 20 espiras.





Las fuerzas sobre los lados AD y BC son constantes pues la distancia es constante y por tanto lo será el campo producido por la corriente I_1, hallamos primero esos campos:

$$\begin{cases} B_{AD} = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi d_{AD}} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0{,}01} = 2 \cdot 10^{-4}\,T \\ B_{BC} = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi d_{BC}} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0{,}03} = 6{,}6 \cdot 10^{-5}\,T \end{cases}$$

y ahora hallamos los módulos de las fuerzas:

$F_1 = F_{AD} = N \cdot I_2 \cdot L_{AD} \cdot B_{AD} = 20 \cdot 2\ A \cdot 0{,}04\ m \cdot 2 \cdot 10^{-4}\ T = 3{,}2 \cdot 10^{-4}\ N$
$F_3 = F_{BC} = N \cdot I_2 \cdot L_{BC} \cdot B_{BC} = 20 \cdot 2\ A \cdot 0{,}04\ m \cdot 6{,}6 \cdot 10^{-5}\ T = 1{,}07 \cdot 10^{-4}\ N$

Las fuerzas sobre los lados AB y DC son iguales y de sentido contrario y se anulan, para hallar la fuerza neta hallamos la diferencia de las anteriores

$F = F_1 - F_2 = 3{,}2 \cdot 10^{-4}\ N - 1{,}07 \cdot 10^{-4}\ N = 2{,}13 \cdot 10^{-4}\ N$ de módulo y dirigida hacia el conductor rectilíneo

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

②⓪ Dentro de un solenoide de 80 cm de longitud, 2 cm de radio y 2 000 vueltas, se coloca una bobina circular de 7 00 vueltas y radio medio 1 cm, cuyo plano forma 45° con el eje del solenoide. Halla el par de fuerzas que actúa sobre la bobina cuando ambos circuitos están recorridos por corrientes de 1 A.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

Hallamos primero el campo magnético que el solenoide ejerce sobre la espira aplicando la fórmula del campo en el interior de un solenoide:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{a} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2000 \cdot 1}{0{,}8} = \pi \cdot 10^{-3}\,T$$

y ahora el momento del par de fuerzas sobre la espira del interior:

$$\vec{M} = N \cdot I \cdot \vec{S} \times \vec{B} \Rightarrow M = N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \text{sen}\alpha = 100\text{espiras} \cdot 1A \cdot \pi \cdot 0{,}01^2\,m^2 \cdot \pi \cdot 10^{-3}\,T 3\text{sen}45^\circ = 9{,}87 \cdot 10^{-5}\ N \cdot m$$

❋❋❋✪✪❀✪✪❋❋❋

②① En una región en la que existe un campo magnético uniforme de 0,4 T dirigido en el sentido positivo del eje x penetra una carga de $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C, con una velocidad $v = 2 \cdot 10^6\,\mathbf{j}$ m/s y cuya masa vale $3{,}34 \cdot 10^{-26}$ kg. Determina el módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre la carga.

❋❋❋❀❀✪❀❀❋❋❋

$$\vec{F} = q\cdot\vec{v} \times \vec{B} = 3{,}2\cdot10^{-19}\cdot2\cdot10^{6}\,\vec{j} \times 0{,}4\,\vec{i} = 3{,}2\cdot10^{-19}\cdot2\cdot10^{6}\cdot0{,}4\,\vec{j} \times \vec{i} \overset{(1)}{=} 2{,}56\cdot10^{-13}(-\vec{k}) = -2{,}56\cdot10^{-13}\,\vec{k}\ \text{N}$$

(1) ya que $\vec{j} \times \vec{i} = -\vec{k}$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻

②② Un protón y una partícula alfa se aceleran mediante una ddp de 100 kV y luego penetran en una zona donde existe un campo magnético uniforme de 0,4 T, en dirección perpendicular al campo. Determina los radios de las trayectorias que siguen. Si una partícula de igual energía cinética sigue una trayectoria de radio 15 cm, ¿cuál es relación carga/masa para dicha partícula? Datos: $m_p = 1{,}67\cdot10^{-27}$ kg, $m_\alpha = 6{,}69\cdot10^{-27}$ kg, $q_\alpha = +2e$.

✻✻✻❁❁✪❁❁✻✻✻

$\Delta E_c \Leftrightarrow \Delta V\cdot q = ½\ m\cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot q}{m}}$ que sustituimos en la fórmula del radio de la trayectoria circular que describe, que obtenemos de igualar la fuerza magnética, cuando penetra en el campo, con la fuerza centrífuga:

$$r = \frac{m\cdot v}{q\cdot B} = \frac{m\cdot\sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot q}{m}}}{qB} = \frac{\sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot m}{q}}}{B} \Rightarrow \begin{cases} r_P = \dfrac{\sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot m_p}{q_p}}}{B} = \dfrac{\sqrt{\dfrac{2\cdot100\cdot10^{3}\cdot V\cdot1{,}67\cdot10^{-27}\,kg}{1{,}6\cdot10^{-19}\,C}}}{0{,}4T} = 0{,}114m \\ r_\alpha = \dfrac{\sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot m_\alpha}{q_\alpha}}}{B} = \dfrac{\sqrt{\dfrac{2\cdot100\cdot10^{3}\cdot V\cdot6{,}69\cdot10^{-27}\,kg}{2\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\,C}}}{0{,}4T} = 0{,}1617m \end{cases}$$

$$r = \frac{\sqrt{\dfrac{2\Delta V\cdot m}{q}}}{B} \Leftrightarrow \frac{q}{m} = \frac{2\Delta V}{(rB)^2} = \frac{2\cdot100\cdot10^{3}}{(0{,}15\cdot0{,}4)^2} = 5{,}56\cdot10^{7}\ \frac{C}{kg}$$

✻✻✻✪✪❁✪✪✻✻✻