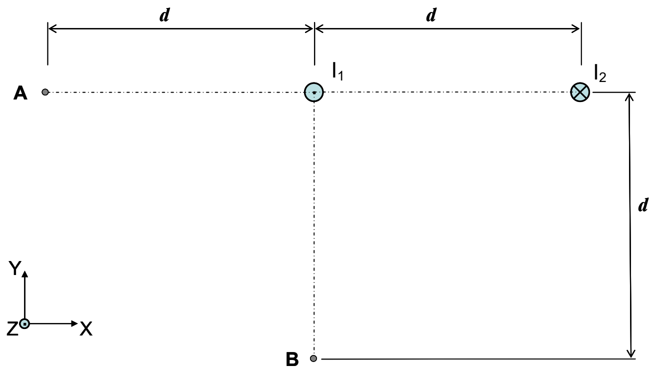
	2º Parcial FFI **19 enero 2024** Curso 2023/2024	Departamento de Física Aplicada

Por dos conductores largos, paralelos, separados una distancia d=2m, circulan corrientes iguales antiparalelas $I_1=I_2$=1A.

Determinar:

a) la expresión del campo magnético creado por cada conductor y el total, en los puntos A y B, situados en la posición señalada en la figura.

b) ¿en qué posición situaremos un tercer conductor también rectilíneo y paralelo a los dos primeros, por el que circule una intensidad $2I=2A$ en el sentido positivo del eje OZ, de tal manera que se anule el campo magnético en A?



Solución:

a) Utilizamos la expresión para un conductor rectilíneo indefinido: $\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\vec{u}_r$

Tenemos el campo creado por el conductor próximo en A: $\vec{B}_{A1}=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}(-\vec{j})=-\frac{\mu_0 I}{2\pi d}\vec{j}$

Y el creado por el otro conductor: $\vec{B}_{A_2}=\frac{\mu_0 I}{2\pi 2d}(\vec{j})=\frac{\mu_0 I}{4\pi d}\vec{j}$

El campo total en A: $\vec{B}_A=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}(-\vec{j})+\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{j})=-\frac{\mu_0 I}{4\pi d}\vec{j}=-5\cdot 10^{-8}\vec{j}(T)$

Análogamente en el punto B: $\vec{B}_{B1}=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}(\vec{\imath})=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}\vec{\imath}$

Y el campo del segundo conductor en B: $\vec{B}_{B2}=\frac{\mu_0 I}{2\pi\sqrt{2}d}\left(\frac{-\vec{\imath}+\vec{j}}{\sqrt{2}}\right)=-\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{\imath})+\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{j})$

Campo total en B:

$$\vec{B}_B=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}(\vec{\imath})+-\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{\imath})+\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{j})=\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{\imath})+\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\vec{j})=5\cdot 10^{-8}\vec{\imath}+5\cdot 10^{-8}\vec{j}(T)$$

b) El nuevo conductor debe crear un campo de igual módulo y sentido opuesto al creado en A por los otros dos conductores: $\vec{B}=5\cdot 10^{-8}\vec{j}(T)$

Para crear un campo en el sentido Y positivo, el nuevo conductor debe ser paralelo al eje Z, su intersección con el plano XY debe estar en un punto alineado con las intersecciones de los otros dos conductores con el plano XY, a la izquierda del punto A, y a una distancia x de él.

La expresión para el campo magnético creado por dicho conductor es: $\vec{B}=\frac{\mu_0 2I}{2\pi x}\vec{j}$, donde x es la distancia del conductor al punto A.

Comparando ambas expresiones: $5\cdot 10^{-8}\vec{j}=\frac{\mu_0 2I}{2\pi x}\vec{j}\Rightarrow x=8m$

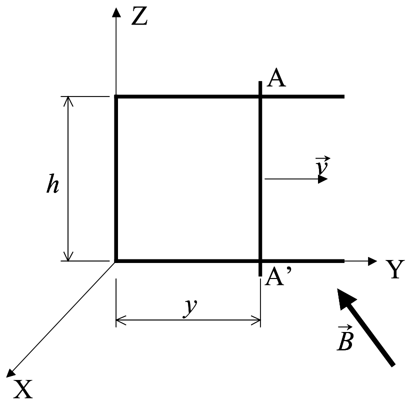
La espira rectangular de la figura está situada sobre el plano YZ en la posición indicada en el dibujo. El brazo AA', de longitud 2m, se mueve con velocidad constante v=10m/s en la dirección positiva del eje OY. Sobre la espira actúa un campo magnético de expresión $\vec{B} = 2\vec{\imath} + 3z^2\vec{\jmath} + 4\overrightarrow{yk}$.

Determinar:

a) La expresión del flujo magnético a través de la espira,
b) La fuerza electromotriz inducida en el instante t=1s.

Si la resistencia eléctrica de la espira es R=10Ω, calcular:

c) La intensidad de corriente inducida y su sentido
d) La fuerza magnética sobre el brazo móvil.



a) Dado que el diferencial de área es perpendicular a la superficie tenemos que $d\vec{A} = dA\vec{\imath}$. Resolvemos el producto escalar: $\vec{B} \cdot d\vec{A} = 2dA$

El flujo será entonces: $\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_A 2 \cdot dA = 2 \cdot A = 2hy$

b) Calculamos la fuerza electromotriz: $|\varepsilon| = \frac{d\phi}{dt} = 2h\frac{dy}{dt} = 2hv$

En el instante t=1s: $\varepsilon = 2 \cdot 2 \cdot 10(V) = 40V$

c) $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{40}{10} = 4A$. El sentido de la intensidad es el de las agujas del reloj, oponiéndose al aumento del flujo del campo magnético.

d) La fuerza viene dada por la expresión: $\vec{F} = I\int d\vec{l} \wedge \vec{B}$

Y además tenemos $d\vec{l} = dz\vec{k}$

Luego: $d\vec{l} \wedge \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k} \\ 0 & 0 & dz \\ 2 & 3z^2 & 4y \end{vmatrix} = 2 \cdot dz\vec{\jmath} - 3z^2dz\vec{\imath}$

Y ahora resolvemos la integral teniendo en cuenta en los límites que el sentido de la intensidad es de A a A': $\vec{F} = 4 \cdot \int_h^0 (2 \cdot dz\vec{\jmath} - 3z^2dz\vec{\imath}) = 4 \cdot [2z\vec{\jmath}]_h^0 - 4 \cdot [z^3\vec{\imath}]_h^0 = 4h^3\vec{\imath} - 8h\vec{\jmath} = 32\vec{\imath} - 16\vec{\jmath}\ (N)$

También podemos tener en cuenta el sentido de la intensidad tomando -dz en el producto vectorial, dado que el sentido de la intensidad es descendente en el eje Z en ese lado, y luego tomamos los límites de la integral de 0 a h.

3. Una autoinducción de 40 mH está conectada por un extremo (serie) a una resistencia de 50 Ω. En los extremos de la autoinducción hay una tensión instantánea U_L (t) = 5cos(500t + 20°) V, estando t en s.

a) Intensidad instantánea

b) Tensión instantánea en los extremos de la resistencia

c) Desfase entre tensión total e intensidad

d) Tensión total en los extremos del dipolo LR

e) ¿Qué condensador hay que conectar en serie con el conjunto para que el desfase calculado en el ap. d) sea nulo

a) Comenzamos hallando la reactancia inductiva:

$$X_L = L\omega = 20\,\Omega$$

$$I_m = \frac{U_{Lm}}{X_L} = 0{,}25\,A$$

La intensidad instantánea es $i(t) = 0{,}25\cos(500t - 70°)\,A$ ya que la intensidad va retrasada respecto de la tensión

b) $U_{Rm} = RI_m = 12{,}5\,V$

$$U_R(t) = 12{,}5\cos(500t - 70°)\,V$$

c) El desfase entre tensión e intensidad es $\varphi_U - \varphi_I = atan\frac{X_L}{R} = 21{,}8°$

d) La impedancia del circuito RL es $Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2} = \sqrt{50^2 + 20^2} = 53{,}85\,\Omega$

Y la tensión máxima en los extremos LR $\quad U_m = ZI_m = 13{,}46\,V$

$$\varphi_U = \varphi_I + atan\frac{X_L}{R} = -70° + 21{,}8° = -48{,}2°$$

Y finalmente $\quad U(t) = 13{,}46\cos(500t - 48{,}2°)\,A$

e) Si el desfase es nulo, $X_L = X_C$,

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

$$C = \frac{1}{L\omega^2} = 100\,\mu F$$

4. Un semiconductor de Germanio, a 300 K, está dopado con $2 \cdot 10^{22}$ átomos de arsénico/m^3 (átomo donador). (n_i=$2,36 \cdot 10^{19}$ m^{-3} en el Germanio a 300K)
a) Calcula la concentración de electrones y huecos en dicho semiconductor
b) Si el dopado es de $2 \cdot 10^{20}$ átomos de Indio/m^3 (átomo aceptor), calcula la concentración de electrones y huecos en dicho semiconductor
Las movilidades de electrones y huecos en el Germanio a 300 K son respectivamente, μ_n = 0,390 (m^2/Vs) y μ_p = 0,182 (m^2/Vs)
c) Calcula la conductividad del semiconductor en el caso b), y la del semiconductor intrínseco.
d) Razona si la carga eléctrica neta del semiconductor en los tres casos es positiva, negativa, o neutra.

a) Arsénico pentavalente (donante):

$$N_D = 2 \cdot 10^{22} \mathrm{at/m^3} \gg n_i = 2{,}36 \cdot 10^{19} \mathrm{m^{-3}}$$

$$n = N_D = 2 \cdot 10^{22} \mathrm{m^{-3}}; \qquad p = \frac{{n_i}^2}{n} = \frac{\left(2{,}36 \cdot 10^{19}\right)^2}{2 \cdot 10^{22}} = 2{,}78 \cdot 10^{16} \mathrm{m^{-3}}$$

b) Indio trivalente (aceptor):

$$N_A = 2 \cdot 10^{20} \frac{\mathrm{at}}{\mathrm{m^3}}; n_i = 2{,}36 \cdot 10^{19} \mathrm{m^{-3}}$$

$$n \cdot p = n_i^2 = 5{,}57 \cdot 10^{38} \mathrm{m^{-6}} \qquad N_A + n = p = n + 2 \cdot 10^{20} \mathrm{m^{-3}}$$

$$n \cdot (n + 2 \cdot 10^{20}) = 5{,}57 \cdot 10^{38} \qquad n^2 + 2 \cdot 10^{20} n - 5{,}57 \cdot 10^{38} = 0$$

$$n = \frac{-2 \cdot 10^{20} \pm \sqrt{(2 \cdot 10^{20})^2 - 4 \cdot 5{,}57 \cdot 10^{38}}}{2} = 2{,}75 \cdot 10^{18} \mathrm{m^{-3}}$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{5{,}57 \cdot 10^{38}}{2{,}7 \cdot 10^{18}} = 2{,}03 \cdot 10^{20} \mathrm{m^{-3}}$$

c)

$$\sigma_b = q_e\left(n\mu_n + p\mu_p\right) = 6{,}07\ (\Omega m)^{-1}$$

$$\sigma_i = q_e \cdot n_i\left(\mu_n + \mu_p\right) = 2{,}16 (\Omega m)^{-1}$$

d) Los átomos son siempre eléctricamente neutros, y por tanto la carga es nula