



Soluciones: Campo Magnético e Inducción

Academia de Ciencias Lógica

Índice

1	Constantes Físicas	2
2	Resumen de Fórmulas Clave	2
3	Resolución de Ejercicios	3

1 Constantes Físicas

Utilizaremos los siguientes valores para todos los problemas:

- **Permeabilidad del vacío:** $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$
- **Carga del protón:** $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- **Masa del protón:** $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- **Carga del electrón:** $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- **Masa del electrón:** $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- **Aceleración de la gravedad:** $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

2 Resumen de Fórmulas Clave

- **Fuerza Magnética (Lorentz):** $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \implies F = |q|vB \sin \theta$
- **Movimiento Circular en Campo B:** $R = \frac{mv}{|q|B}; \quad T = \frac{2\pi m}{|q|B}; \quad f = \frac{1}{T}$
- **Campo creado por hilo infinito:** $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
- **Fuerza entre conductores:** $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
- **Flujo Magnético:** $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \theta$
- **Ley de Faraday-Lenz:** $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$
- **F.e.m. en conductores móviles:** $\mathcal{E} = BLv$

3 Resolución de Ejercicios

Ejercicio 1

Enunciado: Un protón penetra perpendicularmente en un campo magnético de 5 T con una velocidad de $2 \cdot 10^6$ m/s. Calcula radio, periodo y frecuencia para el protón y el electrón.

Datos: $B = 5 \text{ T}$; $v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $\theta = 90^\circ$

a) Para el Protón:

$$R_p = \frac{m_p \cdot v}{q_p \cdot B} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5} = \boxed{4.17 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$
$$T_p = \frac{2\pi \cdot m_p}{q_p \cdot B} = \frac{2\pi \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5} = \boxed{1.31 \cdot 10^{-8} \text{ s}}$$
$$f_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{1.31 \cdot 10^{-8}} = \boxed{7.63 \cdot 10^7 \text{ Hz}}$$

b) Para el Electrón:

$$R_e = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5} = \boxed{2.27 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$
$$T_e = \frac{2\pi \cdot m_e}{e \cdot B} = \frac{2\pi \cdot 9.1 \cdot 10^{-31}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5} = \boxed{7.15 \cdot 10^{-12} \text{ s}}$$
$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{7.15 \cdot 10^{-12}} = \boxed{1.40 \cdot 10^{11} \text{ Hz}}$$

Ejercicio 2

Enunciado: Protón con $\vec{v} = 2 \cdot 10^5 \hat{i} \text{ m/s}$ en $\vec{B} = 2\hat{k} \text{ T}$. Calcular fuerza magnética y radio. Repetir para electrón.

a) Protón ($q = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$):

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot [(2 \cdot 10^5 \hat{i}) \times (2\hat{k})]$$
$$\vec{F} = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (4 \cdot 10^5) \cdot (\hat{i} \times \hat{k}) = 6.4 \cdot 10^{-14} \cdot (-\hat{j}) = \boxed{-6.4 \cdot 10^{-14} \hat{j} \text{ N}}$$
$$R = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 2} = \boxed{1.04 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

b) Electrón ($q = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$):

$$\vec{F} = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (-4 \cdot 10^5 \hat{j}) = \boxed{+6.4 \cdot 10^{-14} \hat{j} \text{ N}}$$
$$R = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 2} = \boxed{5.69 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Ejercicio 3

Enunciado: Conductores paralelos a 30 cm. $I_1 = 2 \text{ A}$ e $I_2 = 5 \text{ A}$ (mismo sentido). Campo en: a) 15 cm izquierda de I_1 . b) Entre hilos a 10 cm de I_1 .

a) 15 cm a la izquierda de I_1 :

$$r_1 = 0.15 \text{ m}; \quad r_2 = 0.30 + 0.15 = 0.45 \text{ m}$$
$$B_{tot} = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{r_1} + \frac{I_2}{r_2} \right) = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{2}{0.15} + \frac{5}{0.45} \right)$$
$$B_{tot} = 2 \cdot 10^{-7} (13.33 + 11.11) = \boxed{4.89 \cdot 10^{-6} \text{ T}}$$

b) Entre ambos a 10 cm de I_1 :

$$r_1 = 0.10 \text{ m}; \quad r_2 = 0.30 - 0.10 = 0.20 \text{ m}$$
$$B_{tot} = |B_1 - B_2| = 2 \cdot 10^{-7} \left| \frac{2}{0.10} - \frac{5}{0.20} \right| = 2 \cdot 10^{-7} |20 - 25| = \boxed{1.0 \cdot 10^{-6} \text{ T}}$$

Ejercicio 4

Enunciado: Hilos paralelos a 10 cm. $B_{centro} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ (mismo sentido) y $8 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ (opuesto). Calcular I_1, I_2 .

Planteamiento: En el centro $r = 0.05 \text{ m}$. La constante $\frac{\mu_0}{2\pi r} = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{0.05} = 4 \cdot 10^{-6}$.

1. Mismo sentido: $B_{tot} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot |I_1 - I_2| = 4 \cdot 10^{-6} \implies |I_1 - I_2| = 1$

2. Sentido opuesto: $B_{tot} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot (I_1 + I_2) = 8 \cdot 10^{-6} \implies I_1 + I_2 = 2$

Resolución: Sumando las ecuaciones ($I_1 - I_2 = 1$) e ($I_1 + I_2 = 2$): $2I_1 = 3 \implies \boxed{I_1 = 1.5 \text{ A}}$
Sustituyendo: $1.5 + I_2 = 2 \implies \boxed{I_2 = 0.5 \text{ A}}$

Ejercicio 5

Enunciado: $I_1 = 3 \text{ A}$ en eje x. I_2 en $(0, -2, 0)$. a) I_2 para $B = 0$ en $(0, -0.5, 0)$. b) Fuerza sobre electrón en $(0, 2, 0)$ con $v = 5 \cdot 10^6 \hat{i}$.

a) Cálculo de I_2 : Distancia de $(0, 0, 0)$ a $(0, -0.5, 0)$ es $r_1 = 0.5 \text{ m}$. Distancia de $(0, -2, 0)$ a $(0, -0.5, 0)$ es $r_2 = 1.5 \text{ m}$.

$$B_1 = B_2 \implies \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} \implies \frac{3}{0.5} = \frac{I_2}{1.5} \implies \boxed{I_2 = 9 \text{ A}}$$

b) Fuerza en $(0, 2, 0)$: $r_1 = 2 \text{ m}$ (hacia arriba, campo saliente $+\hat{k}$). $r_2 = 4 \text{ m}$ (hacia arriba, campo

saliente $+\hat{k}$).

$$B_{tot} = 2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{3}{2} + \frac{9}{4} \right) = 2 \cdot 10^{-7} (3.75) = 7.5 \cdot 10^{-7} \text{ T } (\hat{k})$$

$$\vec{F} = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot [(5 \cdot 10^6 \hat{i}) \times (7.5 \cdot 10^{-7} \hat{k})]$$

$$\vec{F} = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (-3.75 \hat{j}) = \boxed{6.0 \cdot 10^{-19} \hat{j} \text{ N}}$$

Ejercicio 6

Enunciado: Cables separados 1 cm, masa por longitud $\lambda = 0.01 \text{ kg/m}$. Calcular I para que el inferior levite.

Fórmula de equilibrio: $F_{mag} = P \implies \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} \cdot L = m \cdot g \implies \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = \lambda \cdot g$

$$\frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot I^2}{0.01} = 0.01 \cdot 9.8$$
$$2 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 = 0.098 \implies I^2 = \frac{0.098}{2 \cdot 10^{-5}} = 4900$$
$$I = \sqrt{4900} = \boxed{70 \text{ A}}$$

Ejercicio 7

Enunciado: Espira $r = 10 \text{ cm}$, $B = 0.5 \text{ T}$. Calcular flujo ($\Phi = B \cdot S \cdot \cos \theta$). $S = \pi \cdot 0.1^2 = 0.0314 \text{ m}^2$.

- a) **Perpendicular al plano:** $\theta = 0^\circ \implies \Phi = 0.5 \cdot 0.0314 \cdot 1 = \boxed{0.0157 \text{ Wb}}$
- b) **Paralelo al plano:** $\theta = 90^\circ \implies \boxed{\Phi = 0}$
- c) **60° con el plano:** La normal forma 30° con B. $\Phi = 0.5 \cdot 0.0314 \cdot \cos 30^\circ = \boxed{0.0136 \text{ Wb}}$
- d) **60° con el eje:** $\theta = 60^\circ \implies \Phi = 0.5 \cdot 0.0314 \cdot \cos 60^\circ = \boxed{0.00785 \text{ Wb}}$
-

Ejercicio 8

Enunciado: Bobina $N = 100$, $r = 5 \text{ cm}$, $B = 0.24 \text{ T}$. $\Delta t = 0.05 \text{ s}$. $S = \pi \cdot 0.05^2 = 7.854 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.
 $\Phi_{ini} = N \cdot B \cdot S = 100 \cdot 0.24 \cdot 7.854 \cdot 10^{-3} = 0.1885 \text{ Wb}$.

- a) **Se duplica B:** $\Delta\Phi = \Phi_{ini} = 0.1885 \text{ Wb}$. $\mathcal{E} = -\frac{0.1885}{0.05} = \boxed{-3.77 \text{ V}}$
- b) **Se anula B:** $\Delta\Phi = -\Phi_{ini} = -0.1885 \text{ Wb}$. $\mathcal{E} = -\frac{-0.1885}{0.05} = \boxed{3.77 \text{ V}}$
- c) **Se invierte B:** $\Delta\Phi = -2 \cdot \Phi_{ini} = -0.377 \text{ Wb}$. $\mathcal{E} = -\frac{-0.377}{0.05} = \boxed{7.54 \text{ V}}$
- d) **Giro 90° eje paralelo a B:** No cambia el flujo. $\boxed{\mathcal{E} = 0}$
- e) **Giro 90° eje perpendicular:** $\Phi_{fin} = 0$. $\mathcal{E} = -\frac{-0.1885}{0.05} = \boxed{3.77 \text{ V}}$

Ejercicio 9

Enunciado: $B(t) = t^2 - 4t \text{ T}$; $S = 0.1 \text{ m}^2$.

- **a) Flujo:** $\Phi(t) = B(t) \cdot S = (t^2 - 4t) \cdot 0.1 = \boxed{0.1t^2 - 0.4t \text{ Wb}}$
 - **b) F.e.m. inducida:** $\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -(0.2t - 0.4) = \boxed{0.4 - 0.2t \text{ V}}$
-

Ejercicio 10

Enunciado: $S = 0.3 \text{ m}^2$; $N = 10$; $B = 0.1 \text{ T}$; 120 rpm . $\omega = 120 \cdot \frac{2\pi}{60} = 4\pi \text{ rad/s} \approx 12.57 \text{ rad/s}$.

- **a) F.e.m. en función de t:** $\mathcal{E}(t) = NBS\omega \sin(\omega t)$ $\mathcal{E}(t) = 10 \cdot 0.1 \cdot 0.3 \cdot 4\pi \sin(4\pi t) = \boxed{3.77 \sin(12.57t) \text{ V}}$
 - **b) Máxima f.e.m.:** $\mathcal{E}_{\max} = 1.2\pi = \boxed{3.77 \text{ V}}$
 - **c) En $t = 0.15 \text{ s}$:** $\mathcal{E} = 3.77 \sin(4\pi \cdot 0.15) = 3.77 \sin(0.6\pi) = \boxed{3.58 \text{ V}}$
-

Ejercicio 11

Enunciado: Hilo $I = 10 \text{ A}$. Espira rectangular de $20 \times 10 \text{ cm}$ a 10 cm . $\Delta t = 0.02 \text{ s}$.

- **a) Flujo:** $\Phi = \frac{\mu_0 I L}{2\pi} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 0.2}{2\pi} \ln\left(\frac{0.2}{0.1}\right)$ $\Phi = 4 \cdot 10^{-7} \cdot 0.693 = \boxed{2.77 \cdot 10^{-7} \text{ Wb}}$
 - **b) F.e.m. media:** $\mathcal{E} = -\frac{0 - 2.77 \cdot 10^{-7}}{0.02} = \boxed{1.38 \cdot 10^{-5} \text{ V}}$
-

Ejercicio 12

Enunciado: Lado móvil $L = 15 \text{ cm}$; $v = 0.12 \text{ m/s}$; $B = 0.8 \text{ T}$; $R = 0.2 \Omega$.

- **a) F.e.m.:** $\mathcal{E} = BLv = 0.8 \cdot 0.15 \cdot 0.12 = \boxed{0.0144 \text{ V}}$
 - **b) Intensidad:** $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{0.0144}{0.2} = \boxed{0.072 \text{ A}}$ (Sentido antihorario).
-

Ejercicio 13

Enunciado: Selector de velocidades. Electrón $v = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; $B = 0.05 \text{ T}$; $d = 4 \text{ cm}$.

$$E = v \cdot B = 4 \cdot 10^5 \cdot 0.05 = 20000 \text{ V/m}$$
$$\Delta V = E \cdot d = 20000 \cdot 0.04 = \boxed{800 \text{ V}}$$

Ejercicio 14

Enunciado: Partícula $m = 5 \cdot 10^{-22} \text{ kg}$; $v = 4.5 \cdot 10^4 \text{ m/s}$; $B = 0.04 \text{ T}$.

- **a) Campo Eléctrico:** $E = v \cdot B = 4.5 \cdot 10^4 \cdot 0.04 = \boxed{1800 \text{ V/m}}$
- **b) Trayectoria en C:** Al salir de las placas, solo queda B. Describirá una **trayectoria circular** de radio: $R = \frac{mv}{qB}$ (dependerá de la carga q).