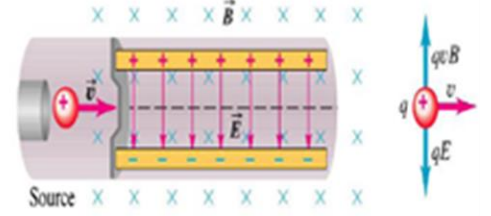
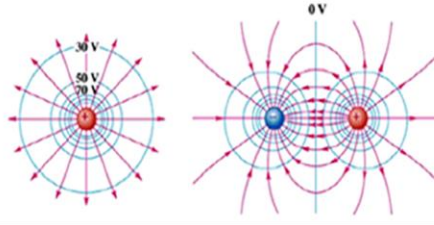
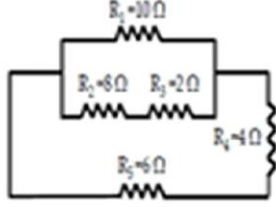


Physics-2



Ch-8

The Magnetic Field

یوسف زویل ف

Best wishes and good Luck

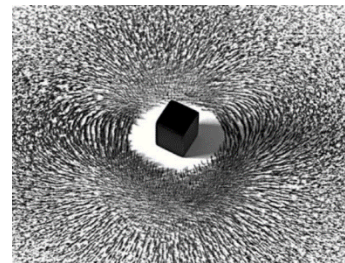
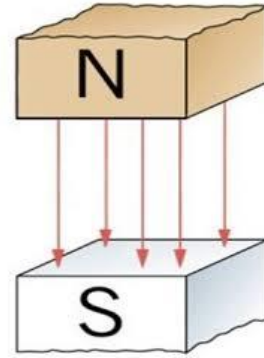
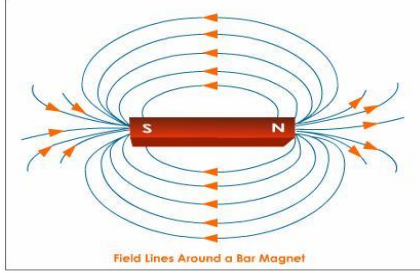
00966502047005





The Magnetic Field

المجال المغناطيسي



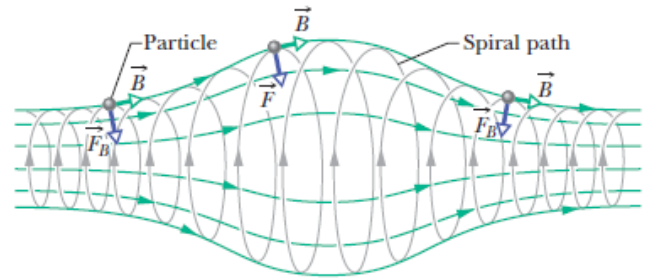
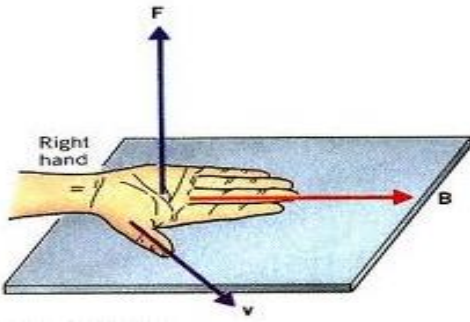


(1) تأثير المجال المغناطيسي \vec{B} على شحنة q تتحرك بسرعة \vec{v} .

$$F_B = q (\vec{v} \times \vec{B}) \quad \longrightarrow \quad F_B = q v B \sin \theta$$

θ هي الزاوية بين اتجاه سرعة الشحنة v واتجاه المجال B

\vec{F}_B	\vec{v}	q	B
magnetic force (N)	velocity (m/s)	Charge (c)	magnetic field (T = wb/m ²)
$\text{gauss} = 10^{-4} \text{ T} \quad \longrightarrow \quad \text{gauss} \times 10^{-4} \longrightarrow \text{T}$			

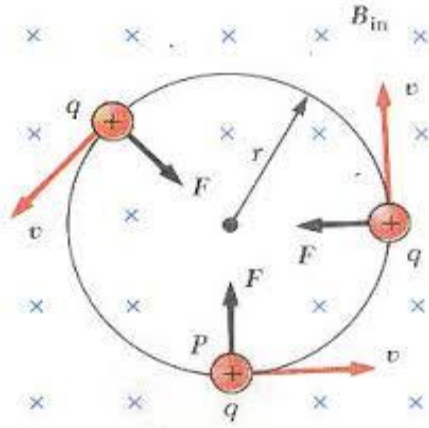


ملحوظة هامة:- إذا كانت $\theta = 90^\circ$ فإن الجسم المشحون يأخذ مسار دائري نصف قطره R ويكون



العلامة • تعني ان المجال
عمودي على الصفحة للخارج
Out the paper

العلامة × تعني ان المجال
عمودي على الصفحة للداخل
Into the paper



إذا كانت الشحنة (+) يكون التيار الناتج عنها هو نفس اتجاه الحركة. ويكون الدوران عكس عقارب الساعة
على حسب اتجاه المجال بالرسم وإذا انعكس اتجاه المجال او الحركة تنعكس القوة

إذا كانت الشحنة (-) يكون اتجاه التيار الناتج عنها عكس اتجاه الحركة. ويكون الدوران مع عقارب الساعة
على حسب اتجاه المجال بالرسم وإذا انعكس اتجاه المجال او الحركة تنعكس القوة

$$\frac{m v^2}{R} = q v B \quad , \quad T = \frac{2 \pi R}{v} \quad , \quad T = \frac{2 \pi m}{q B} \quad , \quad f = \frac{1}{T} \quad , \quad \omega = 2 \pi f$$

R	T	f	ω
radius of the orbit	Period (time of one evolution)	frequency	angular speed



تذكر أن:

عندما يدخل الجسيم المشحون مجالاً كهربائياً فرق الجهد له V (مبتدئاً من السكون) فإنه يكتسب طاقة حركية

$$\text{Kinetic energy} = K = \frac{1}{2} mv^2 = qV \quad \text{J}$$

$$eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$MeV = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \text{ J}$$

Ex1: A particle of charge $q = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ moving with velocity $\vec{v} = v_0 \mathbf{j}$ enters a region of constant uniform magnetic field $\vec{B} = B_0 \mathbf{i}$. If $V_0 = 5 \times 10^5 \text{ m/s}$ and $B_0 = 1.6 \text{ T}$, the magnitude of the magnetic force that acts on the charge is

- (a) $1.29 \times 10^{-12} \text{ N}$ (b) $1 \times 10^{-13} \text{ N}$ (c) $2.56 \times 10^{-8} \text{ N}$ (d) $2.56 \times 10^{-13} \text{ N}$

Solution

$$q = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\vec{v} = V_0 \mathbf{j}$$

$$V_0 = 5 \times 10^5 \Rightarrow \vec{v} = 5 \times 10^5 \mathbf{j}$$

$$\vec{B} = B_0 \mathbf{i}$$

$$B_0 = 1.6 \text{ T} \Rightarrow \vec{B} = 1.6 \mathbf{i}$$

$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$= -2.56 \times 10^{-13} \mathbf{k}$$

$$|\vec{F}| = 2.56 \times 10^{-13} \text{ N}$$



Ex2: A proton circulates in the plane perpendicular to the magnetic field of a cyclotron in a circular orbit of radius 0.5 m. If the magnitude of the magnetic field is 1.5 T, then the kinetic energy of the proton is:

- (a) 4.31×10^{-12} J (b) 8.6×10^{-12} J (c) 0.5×10^{-12} J (d) 0.4×10^{10} J

Solution

$$q = 1.6 \times 10^{-19}$$

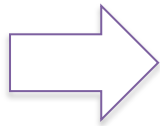
$$m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R = 0.5 \text{ m}$$

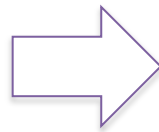
$$B = 1.5 \text{ T}$$

$$F_{\perp} = FB$$

$$K = ?$$



$$\begin{aligned} \frac{m v^2}{R} &= q v B \\ v &= \frac{q B R}{m} \\ &= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.5 \times 0.5}{1.67 \times 10^{-27}} \\ &= 71.86 \times 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2} m v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times (71.86 \times 10^6)^2 \\ &= 4.31 \times 10^{-12} \text{ J} \end{aligned}$$



Ex3: An electron is accelerated from rest by a potential difference of 15 KV. It then enters a magnetic field of magnitude 25 mT with its velocity perpendicular to the direction of the magnetic field. The radius of the electron's circular orbit is: ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ Kg, $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

(a) 0.85 cm

(b) 0.42 cm

(c) 1.65 cm

(d) 3.3 cm

Solution

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$V = 15 \text{ KV}$$

$$= 15000 \text{ V}$$

$$B = 25 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 q V}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 15000}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 72.63 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$F_B = F_{\perp} \Rightarrow qvB = \frac{m v^2}{R}$$

$$R = \frac{m v}{q B}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 72.63 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 25 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.0165 \text{ m} = 1.65 \text{ cm}$$



Ex4: An electron moving in a circular path perpendicular to a uniform magnetic field takes 1 nano-second to complete one revolution. Determine the magnitude of the magnetic field. ($q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$)

(a) 55 mT

(b) 12 mT

(c) 36 mT

(d) 83 mT

Solution

$$T = 1 \times 10^{-9}$$

$$B = ?$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$B = \frac{2\pi m}{qT}$$

$$= \frac{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31}}{1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{-9}}$$

$$= 0.036 \text{ T}$$

$$= 36 \text{ mT}$$



Ex5: An electron follows a circular path ($R = 15 \text{ cm}$) in a uniform magnetic field $B = 0.3 \text{ mT}$. What is the period of this motion ? ($m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$, $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(a) $0.07 \mu\text{s}$

(b) $0.28 \mu\text{s}$

(c) $0.46 \mu\text{s}$

(d) $0.12 \mu\text{s}$

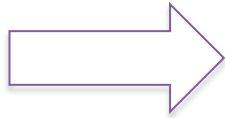
Solution

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$B = 0.3 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$T = ?$$



$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

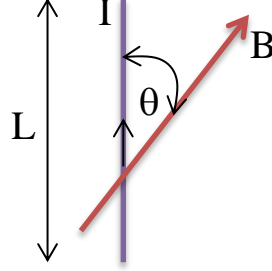
$$= \frac{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.3 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.12 \times 10^{-6} \text{ S}$$

$$= 0.12 \mu\text{S}$$



(2) تأثير مجال مغناطيسي على سلك يمر به تيار



$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B}) \quad \Rightarrow \quad F_B = I L B \sin \theta$$

θ هي الزاوية بين اتجاه L أو I واتجاه المجال B

وإذا كان السلك على شكل نصف دائرة تكون القوة



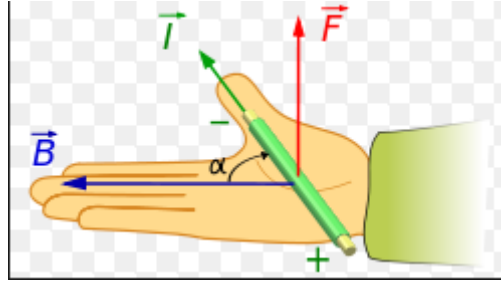
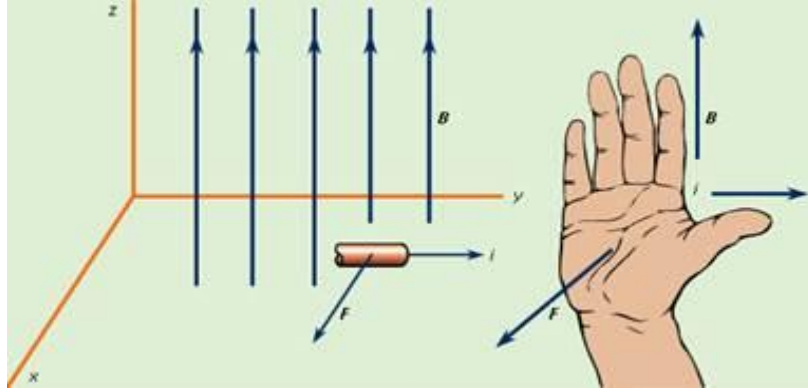
$$F_B = 2 I B R$$

I	L	B	θ
current (A)	length (m)	Magnetic field (T)	angle between L & B



يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك باستخدام قاعدة اليد اليمنى

* تشير الإبهام إلى اتجاه التيار I. * وتشير بقية الأصابع إلى اتجاه المجال B. * تخرج F القوة من راحة اليد اليمنى.



ملاحظات هامة:

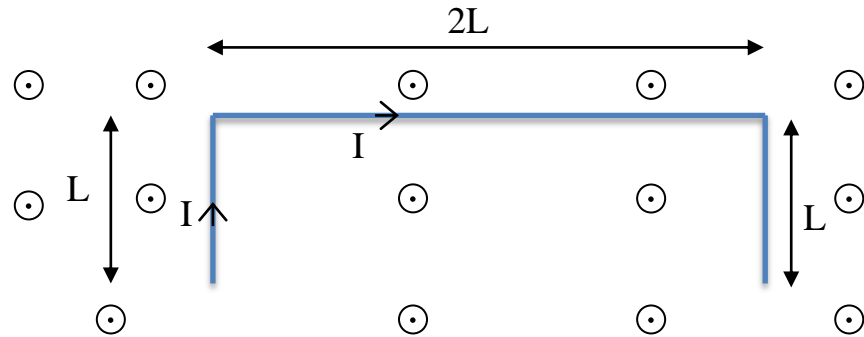
العلامة \odot تعني أن الاتجاه يخرج عموديا خارج مستوى الصفحة

العلامة \otimes تعني أن الاتجاه يدخل عموديا داخل مستوى الصفحة

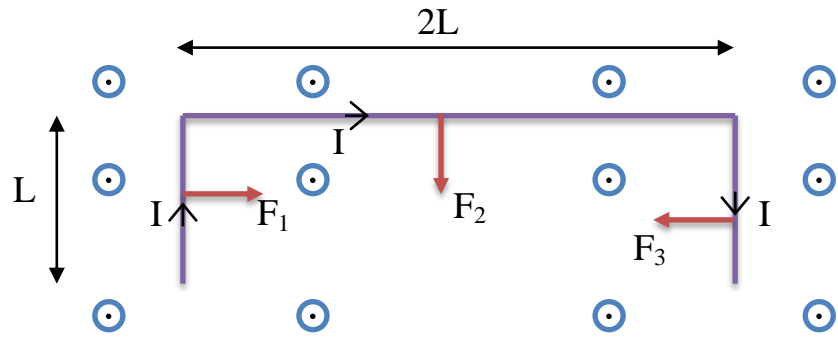


Ex7: A wire of total length $4L$ and carries a current I is placed in a uniform magnetic field B that is directed out of the page as shown in the fig. Determine the net force on the wire.

- (a) $2 I L B$ (down)
 (b) $2 I L B$ (up)
 (c) $4 I L B$ (down)
 (d) $4 I L B$ (up)



Solution



F_1 cancels F_3

لهما نفس المقدار ومتعاكستين في الاتجاه

$$F_2 = I (2L) B \sin 90$$

$$= 2 I L B \quad (\text{down})$$



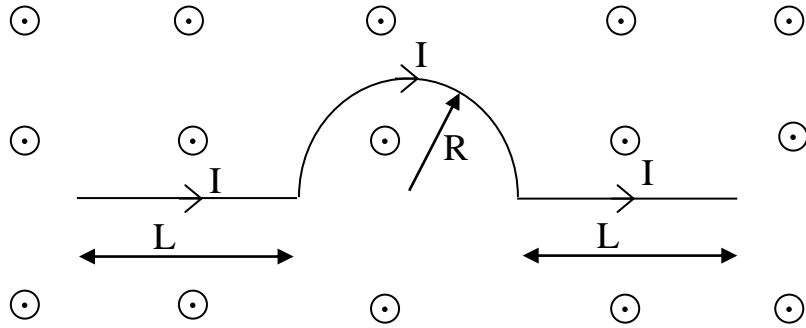
Ex8: the resultant magnetic force acts on the wire is

(a) $2 I B (L + R)$ (down)

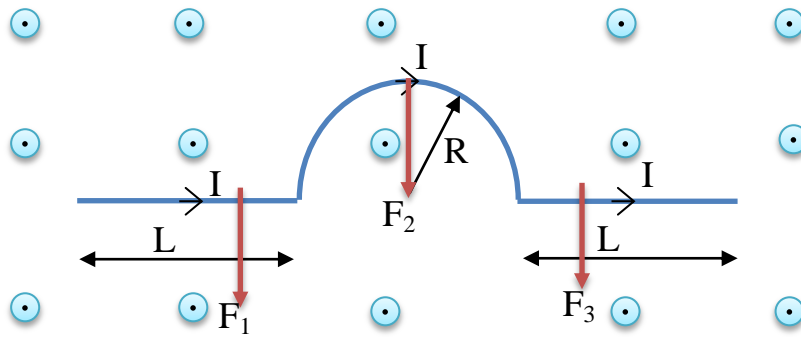
(b) $5 I B (L + R)$ (up)

(c) $4 I B (L + R)$ (down)

(d) $2 I B (L + R)$ (up)



Solution



$$F_1 = F_3 = I L B \sin 90 = I L B \quad (\text{down})$$

$$F_2 = 2 I B R \quad (\text{down})$$

$$F_{\text{net}} = F_1 + F_2 + F_3$$

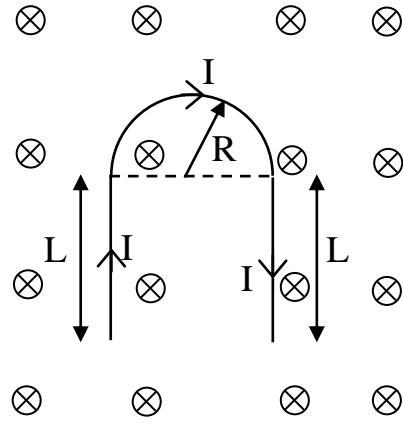
$$= I L B + 2 I B R + I L B$$

$$= 2 I L B + 2 I B R = 2 I B (L + R) \quad (\text{down})$$

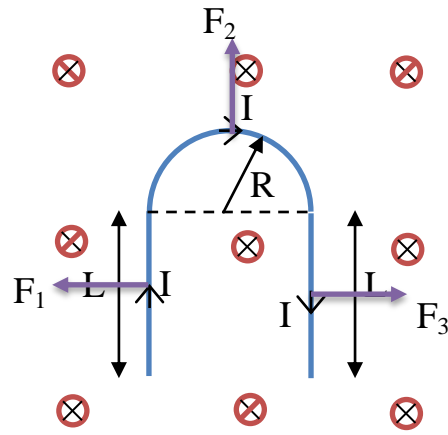


Ex9: the resultant magnetic force acts on the wire is

- (a) $2 I B R$ (down)
 (b) $2 I B R$ (up)
 (c) $4 I B (L + R)$ (down)
 (d) $2 I B (L + R)$ (up)



Solution



F_1 cancels F_3 متساويان ومتعاكستان في الاتجاه

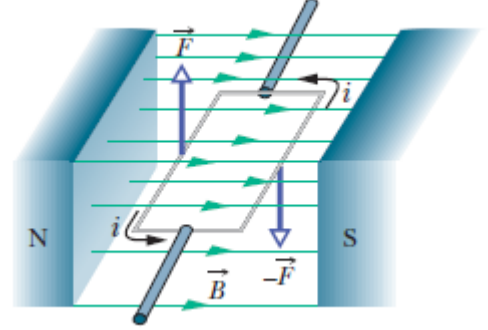
$$F_{\text{net}} = F_2 = 2 I B R \quad (\text{up})$$



العزم المؤثر على ملف عدد لفاته N ومساحة مقطعه A

داخل مجال مغناطيس B ويمر به تيار كهربائي I

$$\tau = BIAN \sin \theta$$



τ	Torque العزم (N.m)	
N	Number of turns عدد اللفات	
B	Magnetic field (T)	
θ	Angle between n & B الزاوية بين B والعمودي على مستوى الملف	
A	Area مساحة الملف	

يكون العزم اكبر مايمكن عندما $\theta = 90$ ($\sin 90 = 1$) ويساوي $\tau_{\max} = N I A B$



Ex 10: A square of side $a = 5$ cm and 200 turns carries a current of 10 A. The loop is placed in an external magnetic field of 2 T. the magnitude of the maximum torque exerted on the loop is

(a) 20 N.m

(b) 10 N.m

(c) 22 N.m

(d) 12 N.m

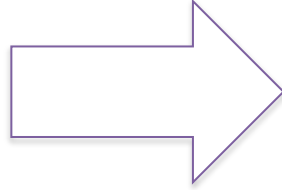
Solution

$$a = 0.05 \text{ m}$$

$$A = a^2 = (0.05)^2 \\ = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$N = 200 \text{ turns,}$$

$$I = 10 \text{ A} \quad , \quad B = 2 \text{ T}$$



$$\tau_{\max} = N I A B$$

$$= 200 \times 10 \times 25 \times 10^{-4} \times 2$$

$$= 10 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Ex 11: A 30 turn – circular coil of radius 5 cm in a horizontal plane and it carries a current of 5 A. The coil is in a uniform magnetic field of magnitude 1.2 T whose direction is parallel to the coil is:

- (a) 0.047 N.m (b) 1.41 N.m (c) 0.59 N.m (d) 28.27 N.m

Solution

$$R = 0.05 \text{ m}$$

$$\therefore A = \pi r^2$$

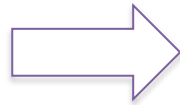
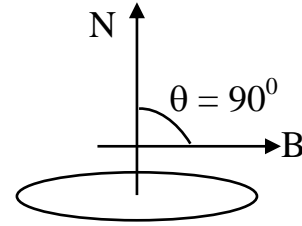
$$= \pi (0.05)^2$$

$$= 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$N = 30 \text{ turns}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$B = 1.2 \text{ T}$$



$$\tau = N I A B \sin \theta$$

$$= 30 \times 5 \times 7.85 \times 10^{-3} \times (1.2) \sin 90$$

$$= 1.41 \text{ N} \cdot \text{m}$$



خاص بالملف

Magnetic potential energy
طاقة الوضع المغناطيسي

$$\vec{U} = - \vec{\mu} \cdot \vec{L} = -\mu B \cos \theta \quad (J)$$

$$U_{\max} = - \mu B$$

إذا دار الملف من θ_1 إلى θ_2

$$U = - \mu B (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad (J)$$

$\mu =$ magnetic dipole moment للملف

عزم ثنائي القطب المغناطيسي

$$\mu = N A I \quad A.m^2$$

وإذا وضع داخل المجال المغناطيسي فإن

$$\tau = \mu B \sin \theta$$



Ex 13: A circular loop of radius 2 cm and resistance 2Ω has 10 turns of wire. If the current in the loop is supplied by a 6-v battery, then the magnetic moment of the dipole is:

- (a) $0.6 \text{ A}\cdot\text{m}^2$ (b) $377 \text{ A}\cdot\text{m}^2$ (c) $7.45 \times 10^{-2} \text{ A}\cdot\text{m}^2$ (d) $3.77 \times 10^{-2} \text{ A}\cdot\text{m}^2$

Solution

$$R = 2 \Omega$$

$$N = 10 \text{ turns}$$

$$r = 0.02 \text{ m}$$

$$A = \pi (0.02)^2$$

$$= 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = 6 \text{ V}$$

$$I = \frac{v}{R} = \frac{6}{2} = 3 \text{ A}$$

$$\mu = N I A$$

$$= 10 \times 3 \times 1.26 \times 10^{-3}$$

$$= 0.0377 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$= 3.77 \times 10^{-2} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$