كلية العلوم

قسم الفيزياء

المغناطيسية

ا.م.د. احسان صلاح حسن

Dr. Ehssan Salah

Ehsanphysicyan@uomustansiriyah.edu.iq

2025

Contents of chapter one

1.1 Magnetism 1

1.2 Magnetic field line 2

1.3 Magnetic fields and forces 3

1.4 Right hand rule 5

1.5 Magnetic Flux and Gauss's Law for Magnetism 7

1.6 Motion of Charged Particles in a Magnetic Field 8

1.7 Ampere' Law 10

1.8 Solenoid 10

1.9 Sources of Magnetic Fields 12

1.10 Magnetic Field of a Moving Charge 13

1.11 Problems 16

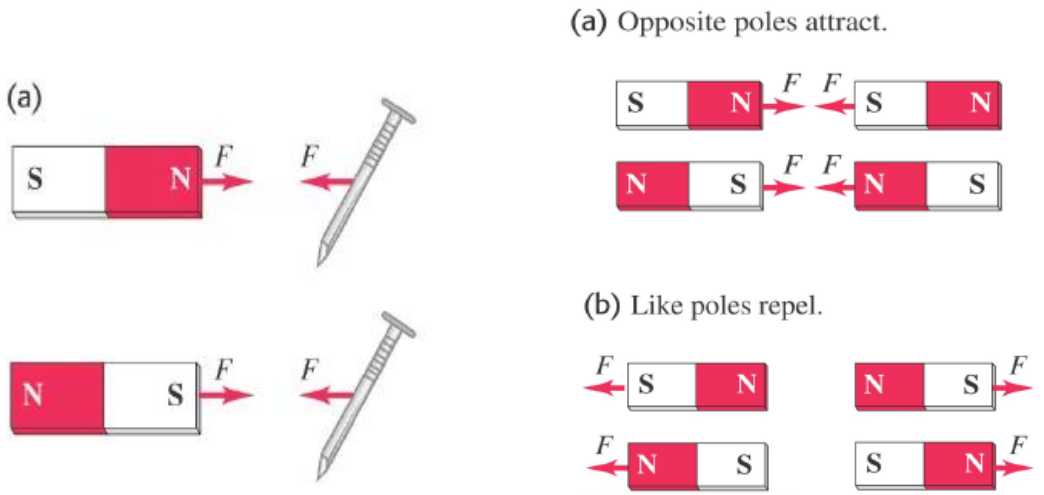
Ehsanphysicyan@uomustansiriyah.edu.iq

Dr. Ehssan Salah

1-1 Magnetism

Magnets apply forces on each other just like charges. You can draw magnetic field lines just like you drew electric field lines. Magnetic north and south pole's behavior is not unlike electric charges. For magnets, like poles repel and opposite poles attract. A permanent magnet will attract a metal like iron with either the north or South Pole.

تسلط المغانيط قوى على بعضها البعض كما هو الحال في الشحنات. ويمكن رسم خطوط المجال المغناطيسي كما نرسم خطوط المجال الكهربائي وان اقطاب المغناطيسيه الشماليه و الجنوبيه هي شبيه بالاقطاب الكهربائيه اي ان الاقطاب المغناطيسيه المتشابه تتنافر و المختلفه تتجاذب وان المغانيط الدائميه بقطبيها الشمالي او الجنوبي تجذب المعدن مثل الحديد.



Electric field:

1) A distribution of electric charge at rest creates an electric field $\vec{E}$ In the surrounding space.

يتولد حول الشحنات الكهربائيه الساكنه q مجال كهربائي $\vec{E}$.

2) The electric field exerts a force $\vec{F}_e = q\vec{E}$ On any other charges in presence of that field.

يسلط المجال الكهربائي $\vec{E}$ قوه $\vec{F}_e$ على الشحنات q الموجوده في المجال.

Magnetic field:

1) A moving charge or current creates a magnetic field in the surrounding space (in addition to $\vec{E}$). تولد

تولد الشحنات المتحركه q والتيار مجالا مغناطيسيا $\vec{B}$ حول الشحنه المتحركه طبعا هذا بالاضافه الى المجال الكهربائي $\vec{E}$

2) The magnetic field exerts a force $\vec{F}_m$ On any other moving charge or current present in that field.

يسلط المجال المغناطيسي $\vec{B}$ قوه $\vec{F}_m$ على الشحنات المتحركه الموجوده في المجال

- The magnetic force is a vector quantity associated with each point in space $\vec{F}_m$ *Is always perpendicular to* $(\vec{v})$ *And* $(\vec{B})$.

القوة المغناطيسيه هي كميه اتجاهيه وعموديه على المستوي الحاوي على كل من المجال و الشحنه.

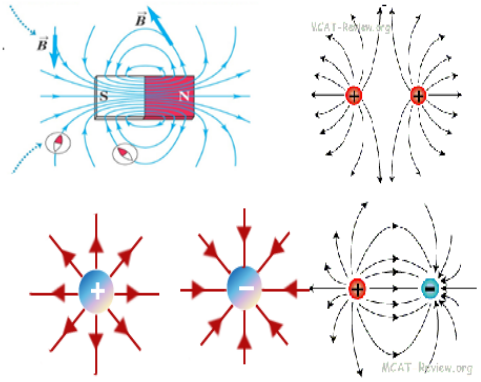
$\vec{F}_m = |q|\ v \perp B$ ..... *(1)*

$= |q|\ (\vec{v} \times \vec{B})$ ..... *(2)*

Remember that in cross products: $\vec{a} \times \vec{b} = ab \sin \Theta$

$\vec{F}_m = |q|\ vB \sin \theta$ ..... *(3)*

1-2 Magnetic Field Lines



1-Magnetic field lines may be traced from N to S (similar to the electric field lines).

2- At each point they are tangent to magnetic field vector.

3- The more densely packed the field lines, the stronger the field at a point.

4- Field lines never intersect.

5- The field lines point in the same direction as a compass (from N to S).

6- Magnetic field lines are not “lines of force” Magnetic field lines have no ends, they continue through the interior of the magnet.

1 – تنبع خطوط المجال المغناطيسي $\vec{B}$ من الشمال الى الجنوب

2 – في كل نقطه على خطوط المجال اتجاه القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ هو اتجاه المماس في تلك النقطه.

3– كثافه خطوط المجال تشير الى شدة المجال في تلك النقطه.

4 – خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع ابدا

5 – خطوط المجال المغناطيسي يمكن الاستدلال عليها بواسطه البوصله.

6 – خطوط المجال المغناطيسي ليست لها بدايه او نهايه فهي مستمره داخل المغناطيس.

1-3 Magnetic Fields and Forces

Experiments on various charged particles moving in a magnetic field give the following results:

1. The magnitude of the magnetic force $\vec{F}_m$ Applied to the particle is proportional to the charge q and to the speed v of the particle.

1 – ان قيمة القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ تتناسب مع الشحنه و السرعه للشحنه.

2. The magnitude and direction of $\vec{F}_m$ Depend on the velocity of the particle and on the magnitude and direction of the magnetic field B.

2 – قيمة القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ و اتجاهها يعتمد على سرعة الشحنة قيمة واتجاه المجال المغناطيسي

3. When a charged particle moves parallel to the magnetic field vector, the magnetic force acting on the particle is zero.

3 – عندما تتحركه الشحنه بشكل موازي المجال المغناطيسي تكون قيمة القوه المغناطيسيه صفرا

Notes:

1. When the particle's velocity vector makes any angle $\theta \neq 0$ with the magnetic field, the magnetic force acts in a direction perpendicular to both v and B; that is, $\vec{F}_m$ is perpendicular to the plane formed by v and B.

1 - عندما يصنع متجه السرعه $\vec{v}$ للشحنه اي زاويه لا تساوي صفرا $\theta \neq 0$ مع متجه المجال المغناطيسي B عندها سيكون متجه القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ عموديا على مستوي الحاوي لكل من السرعه و المجال.

2. The magnetic force applied to a positive charge is in the direction opposite the direction of the magnetic force applied on a negative charge moving in the same direction.

2 – القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ المسلطه على الشحنه الموجبه هي عكس اتجاه القوه المغناطيسيه المسلطه على الشحنه السالبه و المتحركه في نفس الاتجاه.

3. The magnitude of the magnetic force applied to the moving particle is proportional to sinθ, where θ is the angle the particle's velocity vector makes with the direction of B. We can summarize these observations by writing the magnetic force in the form:

3 – قيمة القوه المغناطيسيه المسلطه على الشحنه المتحركه تتناسب مع sinθ حيث θ هي الزاويه المحصوره بين متجه السرعه v و متجه المجال المغناطيسي ويمكن تلخيص المشاهدات هذه من خلال صيغه الرياضيه التاليه.

As $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ …….(5)

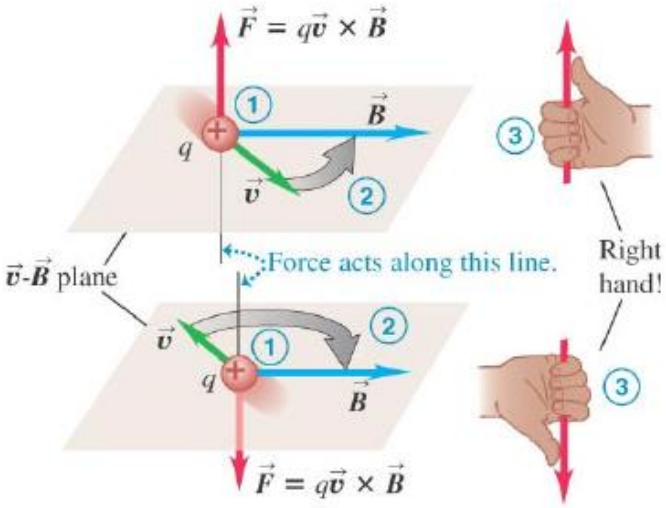
$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{qv \sin\theta}$ …..……(6)

$\vec{F} = \vec{B}(qv\ sin\theta)$ or

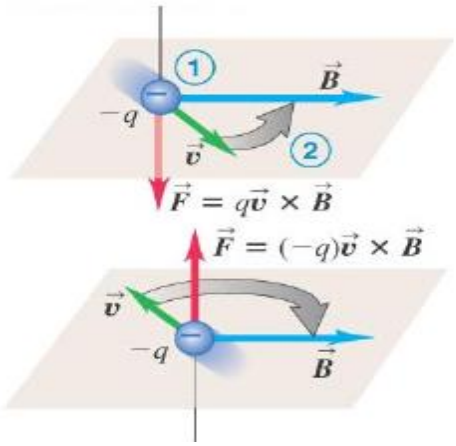
$\vec{F}_m = q(v \times \vec{B})$

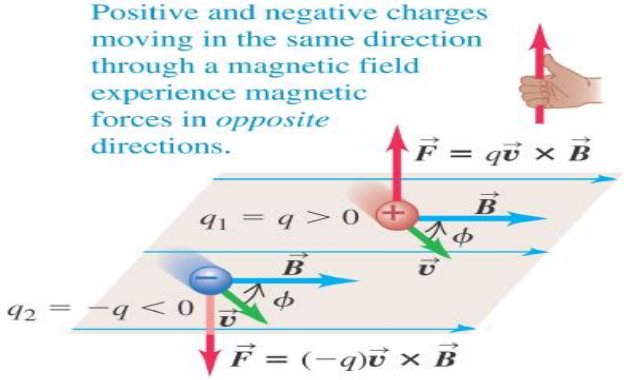
1-4 Right Hand Rule

Positive charge moving in magnetic field →direction of force follows right hand rule



Negative charge → F direction contrary to right hand rule.





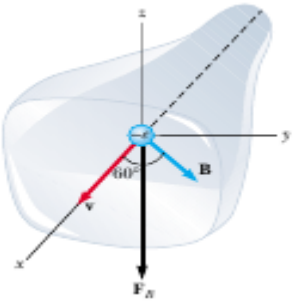
The magnitude of the magnetic force on a charged particle is:

$\vec{F}_m = |q|\, v\, B\, sin\phi$

where ϕ is the smallest angle between v and B. From this expression, we see that F_B is zero when v is parallel or antiparallel to B (ϕ = 0 or 180°) and maximum when v is perpendicular to B (ϕ = 90°).

In the SI unit $1T = \frac{N}{C.m/sec} = \frac{N}{Amp.m}$ 1Gauss = 10^{-4}T

Example1: An electron in a television picture tube moves toward the front of the tube with a speed of $8x10^6$ m/s along the x-axis show in the Figure. Surrounding the neck of the tube are coils of wire that create a magnetic field of magnitude 0.025 T, directed at an angle of 60° to the x- axis and lying in the x, y plane. Calculate the magnetic force on the electron.



Solution: $\vec{F}_m = |q|\, v\, B\, sin\phi$

$\vec{F}_m = 1.6 \times 10^{-19} C \times 8 \times 10^6\, m/sec \times 0.025 T \times sin60°$

$$\vec{F}_m = 2.8 \times 10^{-14} N$$

Example 2:

A regular magnetic field in which B = 0.12 T to the east, proton at a speed of $5x10^5$ m / Sec was thrown into the magnetic field. Find out the amount of magnetic force F_B Attached to the proton for the following cases:

a. Towards the south? b. Westward? c-Northward? d-East?

e - Towards making the corner 60 to the east ?

Solution:

The proton charge is 1.6×10^{-19} C, and the magnetic force is $F_B = q\, v\, B\, sin\theta$

a) Towards the south, then the angle between the magnetic field and the proton is 90°

$\vec{F}_m = q\, v\, B\, sin\theta$

$= (1.6\times10^{-19}) \times (5\times10^5 m/\ Sec) \times (0.12T) \times \sin170$

$= 9.6 \times10^{-15}\, N$

b) Westward, then the angle between the magnetic field and the proton is 180°

$\vec{F}_m = q\, v\, B\, sin\theta$

$= (1.6\times10^{-19}) \times (5\times10^5 m/\ Sec) \times (0.12T) \times \sin180$

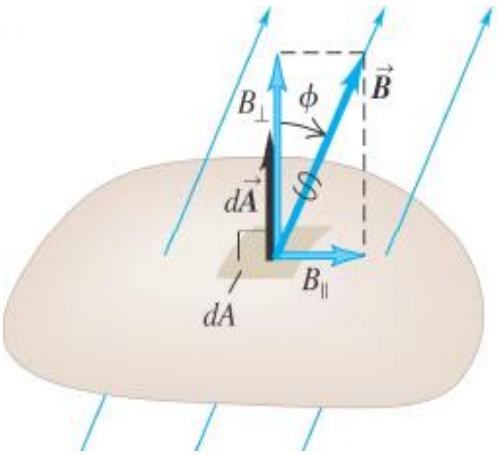
$= 0$

H. W.: find (c), (d) and (e)

1-5 Magnetic Flux and Gauss's Law for Magnetism

- The magnetic field is equal to the flux per unit area across an area at right angles to the magnetic field = magnetic flux density. That represents the integral Gaussian Equation for closed surface.

المجال المغناطيسي يساوي الفيض المغناطيسي Φ_B لوحدة المساحه dA لخطوط المجال المغناطيسي العموديه على وحدة المساحه ويعبر عنها بالعلاقه (7) و التي تمثل القلاقه التكامليه لكاوس لسطح مغلق



$$\Phi_B = \oint B \perp dA = \oint B.dA\cos\emptyset$$

Units of magnetic flux is Wb/m^2

1 Weber ($1\ Wb = 1\ T.m^2 = 1\ N.m / A$)

For non- uniform magnetic field

حيث ان الفيض المغناطيسي كميه عدديه (العلاقه السابقه هي للمجال المغناطيسي الغير منتظم و يعبر عن المجال غير المنتظم بالتكامل المغلق و الزاويه θ هي الزاويه المحصوره بين متجه خطوط المجال و متجه المساحه

If $\vec{B}$ Is uniform:

$$\Phi_B = B_\perp A = B\ A \cos\theta$$

اما اذا كان المجال المغناطيسي منتظم . فيكون الفيض هو عباره عن حاصل ضرب المركبه العموديه في المساحه و جيب تمام الزاويه المحصوره بينهما.

- Difference with respect to electric flux ⇒ the total flux through a closed surface is always zero. This is because there is no isolated magnetic charge ("monopole") that can be enclosed by the Gaussian surface.

$$\Phi_B = \int \vec{B}\,.\,d\vec{A} = 0$$

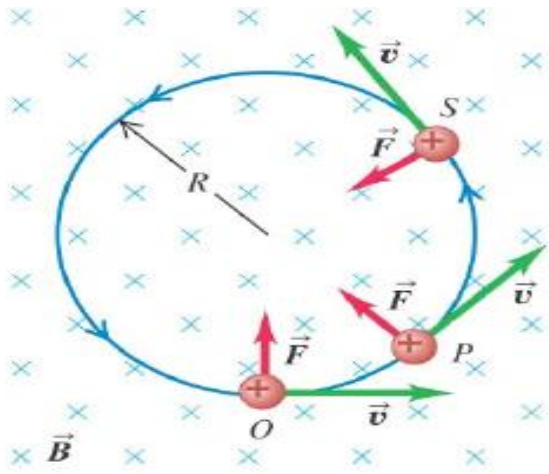
وعند مقارنة الفيض المغناطيسي مع الفيض الكهربائي نجد ان الفيض المغناطيسي لسطح مغلق يساوي صفرا لان خطوط المجال تنبع من القطب الشمالي وتتجه الى القطب الجنوبي وتستمر داخل المغناطيس وبالتالي يكون صافي الفيض صفرا . اما الفيض الكهربائي فان مجموع الفيض على السطح يساوي الشحنه الكليه داخل السطح مقسوما على السماحيه الكهربائيه للفراغ (ε_o).

Magnetic flux	Electric flux
$\Phi_B = \int \vec{B} \, . \, d\vec{A} = 0$ مجموع الفيض المغناطيسي لسطح مغلق تساوي صفرا (لاوجود للقطب المغناطيسي الواحد)	$\Phi_E = \int \vec{E} \, . \, d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_O}$ مجموع خطوط الفيض الكهربائي تساوي الشحنه الكليه للجسم مقسومتا على السماحيه النسبيه للفراغ (من الممكن الحصول على شحنه سالبه او موجبه بشكل منفرد)

1-6 Motion of Charged Particles in a Magnetic Field

- Magnetic force perpendicular to $\vec{v}$ It cannot change the magnitude of the velocity, only its direction.

القوة المغناطيسيه العموديه على متجه السرعه υ لايمكن ان تغير من قيمة السرعه ولكن فقط اتجاهها



$$\vec{F}_m = q\,\overrightarrow{v} \times \overrightarrow{B}$$

- $\vec{F}$ Does not have a component parallel to particle's motion ⇒ cannot do work.

لا تمتلك $\vec{F}$ مركبه موازيه لحركة الجسيم اذا لايمكن ان تنجز شغلا

- The magnitudes of F and ν are constant (ν perpendicular $\overrightarrow{B}$) ⇒ uniform circular motion.

اذا ستكون قيمة القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ و السرعه $\overrightarrow{v}$ ثابتين وان السرعه عموديه على المجال اذا ستتولد حركه دائريه منتظمه.

$$\vec{F}_m = |q|.\nu.\overrightarrow{B} = m\frac{\nu^2}{R} \quad \ldots\ldots\ldots(10)$$

Radius of circular orbit in magnetic field:

$$R = \frac{mv}{|q|\overrightarrow{B}}$$

+ Particle ⇒ counter-clockwise rotation. اذا الشحنه موجبه عكس عقارب الساعه دوران

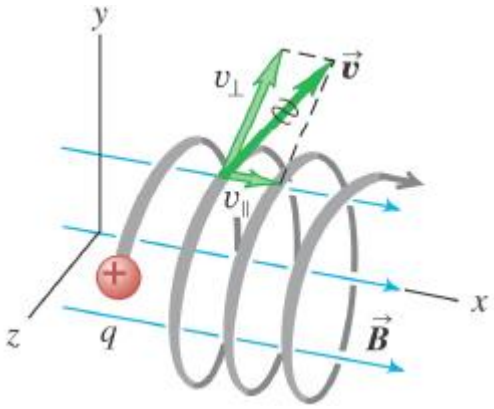
- Particle ⇒ clockwise rotation. اذا الشحنه سالبه الدوران مع عقارب الساعه

Angular speed:

$$\omega = \frac{v}{R} = v\frac{|q|\overrightarrow{B}}{mv}$$

-If v is not perpendicular to $\overrightarrow{B}$ v parallel to $\overrightarrow{B}$ Constant because F = 0 particles move in a helix. (R same as before, with $v = v_{\perp}$).

اما اذا كانت السرعه غير عموديه على المجال المغناطيسي اذا سيكون هنالك تغيير في اتجاه السرعه و قيمتها وان السرعه سوف تتحلل الى مركبيتين. وبالتالي لن يكون لدينا مسار دائري منتظم بل مسار لولبي (اسبايرل)



This particle's motion has components both parallel ($v_{\parallel}$) and perpendicular ($v_{\perp}$) to the magnetic field, so it moves in a helical path.

1-7 Ampere' Law: states that the line integral of B and dl over a closed path is μ_o Times the current enclosed in that loop:

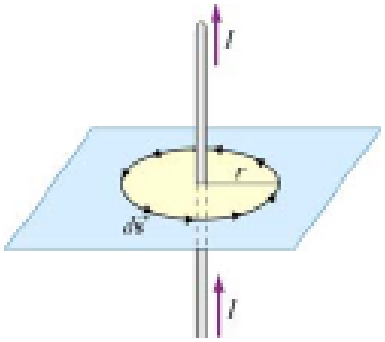
التكامل الخطي لحاصل ضرب المجال المغناطيسي B و متجه الازاحه dl لمسار مغلق يساوي حاصل ضرب النفاذيه المغناطيسيه للفراغ μ_o وضربة في التيار في الدائره المغلقه (enclosed i)

$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_o . i_{enclosed} \quad \text{.....(11)}$$

$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{T.m/A}$ is the magnetic permeability of free space.

And to find the field around a long straight wire:

ولايجاد المجال المغناطيسي حول سلك موصل طويل



$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_o . i_{enclosed}$$

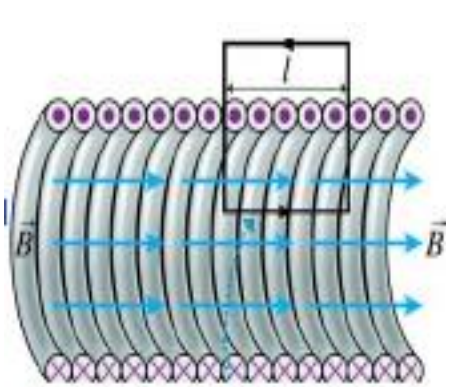
$\oint \overrightarrow{ds} =$
$2\pi r$ *the circumference of the loop*

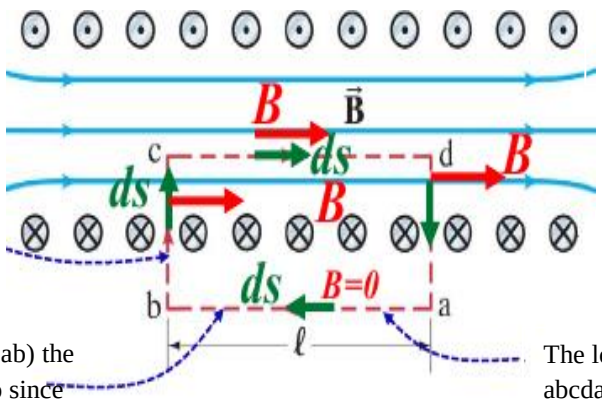
$$B . 2\pi r = \mu_o . i_{enclosed}$$

$$B = \frac{\mu_o . i_{enclosed}}{2\pi r} \quad \text{.....(12)}$$

1-8 Solenoid: A solenoid is a helical coil of wire with the same current I passing through each loop in the coil. A uniform magnetic field can be generated by a solenoid.

هو عباره عن ملف لولبي من سلك موصل يمر نفس التيار في كل لفه من لفات الملف اذا يمكن توليد مجال مغناطيسي منتظم من السولونايد.





Along the bottom (bc,da) the line integral is zero since B is perpendicular to the

Along the bottom (ab) the line integral is zero since B=0 outside the solenoid

The loop abcda

$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_o . I \text{ .....(13)}$$

$$\oint_{abcda} \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_b^c \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_c^d \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_d^a \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{in}$$

$\vec{B} = 0$ (a→b), $\vec{B} \perp d\vec{s}$ (b→c), $\vec{B} \parallel d\vec{s}$, $\vec{B} = const$ (c→d), $\vec{B} \perp d\vec{s}$ (d→a)

There are N loops with current I enclosed by an Amperian loop, so

ومع وجود N من اللفات وبنفس التيار المتظمن في الحلقات

$$I_{in} = N . I \text{ .....(13)}$$

$$B \int_c^d ds = \mu_o . N . I \text{ .....(14)}$$

$$\overrightarrow{B}\, l = \mu_o . N . I \Rightarrow \overrightarrow{B} = \frac{\mu_o . N . I}{l} \qquad \text{where n} = \frac{N}{l}$$

n is the number of turns per unit length. حيث تمثل عدد اللفات لوحده الطول

$$\overrightarrow{B}_{solenoid} = \mu_o . n . I \text{ .....(15)}$$

Example: What current is required in the windings of a long solenoid that has 1000 turns uniformly distributed over a length of 0.4m, to produce at the center of the solenoid a magnetic field of magnitude $1x10^{-4}$ T?

Solution:

$$\overrightarrow{B} = \frac{\mu_o . N . I}{l}$$

$$I = \frac{B . l}{\mu_o . N .}$$

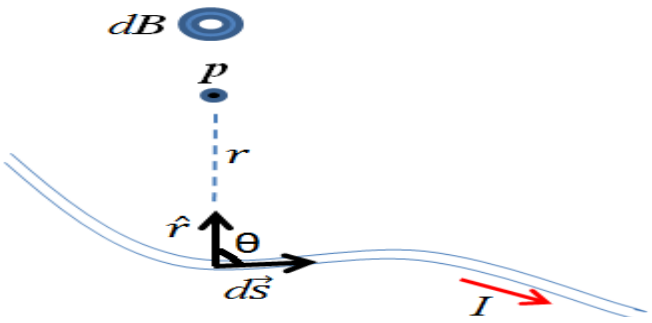
$$I = \frac{(1 \times 10^{-4} T) \times 0.4m}{\left(4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{Amp}\right) \times 1000} = 31.8 \text{ mA}$$

1-9 Sources of Magnetic Fields

Biot-Savart Law

Currents, which arise due to the motion of charges, are the source of magnetic fields. When charges move in a conducting wire and produce a current ***I***, the magnetic field at any point **P** due to the current can be calculated by adding up the magnetic field contributions, $d\vec{B}$, from small segments of the wire $d\vec{s}$, see the figure

ان الشحنات المتحركه تمثل مصدرا للمجال امغناطيسي وعندما تتحرك الشحنات في سلك موصل سوف تولد تيارا كهربائيا . اذا سيكون المجال المغناطيسي عند نقطه مثل P خارج السلك نسبة الى التيار في السلك يمكن حسابها من خلال مجموع الاسهامات لكل متجه المجال حول السلك ولكل وحده او متجه طول للسلك.



The infinitesimal current source can then be written as $Id\vec{s}$ .Let **r** denote as the distance from the current source to the field point **P**, and $\vec{r}$ The corresponding unit vector. The Biot-Savart law gives an expression for the magnetic field contribution, $d\vec{B}$, from the current source, $Id\vec{s}$

اذا يمكن التعبير عن التيار الاني ب $Id\vec{s}$. ليكن r تمثل المسافه من متجه الازاحه الى نقطه المجال P و $\vec{r}$ هي متجه الازاحه المرافق للازاحه . يمكن لقانون بايو سفيرت ان يعطينا تعبيرا رياضيا لجميع اسهامات المجال المغناطيسي $d\vec{B}$, الناتجه من مصدر التيار $Id\vec{s}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Id\vec{s}\times\vec{r}}{r^2} \text{ ..... (16)}$$

Where $\boldsymbol{\mu_o}$ Is constant called the permeability of free space:
$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{T. m/A}$

Adding up these contributions to find the magnetic field at the point P requires integrating over the current source:

ولايجاد المجال المغناطيسي في نقطه مثل p تبعد مسافه r عن السلك يجب اخذ التكامل لكل السلك

$$\vec{\boldsymbol{B}} = \int_{\boldsymbol{wire}} d\vec{\boldsymbol{B}} = \frac{\boldsymbol{\mu_o I}}{\boldsymbol{4\pi}} \int_{\boldsymbol{wire}} \frac{\boldsymbol{d\vec{s}\times\vec{r}}}{\boldsymbol{r^2}}$$

1-10 Magnetic Field of a Moving Charge

According to the definition of electric current: (which is the flow of electric charge across a surface at the rate of one coulomb per second).

يعريف التيار الكهربائي بانه: حركة الشحنات الكهربائيه خلال وحدة المساحه لموصل بمعدل

A: ampere $\boldsymbol{I = \frac{dq}{dt}}$ كولومب واحد في الثانيه

$$\boldsymbol{Id\vec{s} = \frac{dq}{dt} d\vec{s} = dq \frac{d\vec{s}}{dt} = dq\vec{v}}$$

Where υ is the velocity at which the charge carriers move down the wire. In the limiting case where the length segment $\boldsymbol{d\vec{s}}$ Contains just a single charge carrier carrying a charge q, the deck becomes q and
$dq\vec{v} = q\vec{v}$

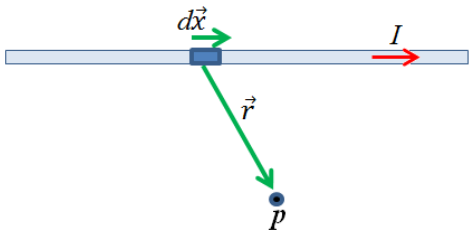
حيث ان υ هي السرعه التي يتحرك بها الشحنه في داخل الموصل وعند اختيار حاله خاصه تنص على افتراض ان المقطع الطول length segment يحتوي على الكترون واحد فقط q اذا تكامل dq سوف ينتج عنه q . اذا سيكون قانون بايو سفرت الى الصيغه

$$\vec{\boldsymbol{B}} = \frac{\boldsymbol{\mu_o}}{\boldsymbol{4\pi}} \frac{\boldsymbol{q\vec{v} \times \vec{r}}}{\boldsymbol{r^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (17)\ for\ single\ particale$$

Let us now, use the Biot-Savart law to field an expression for the magnetic field caused by charged particles moving at constant velocity. Consider first a straight wire carrying a current of magnitude *I* and aligned with the *x* axis, as in the Figure. The magnetic field generated at point *P* by a small segment is given by:

الان لايجاد صيغه لقانون بايو سفرت لحساب المجال المغناطيسي الناتجه من شحنه كهربائيه تتحرك بسرعه منتظمه ولنفرض ان لدينا سلك موصل طويل ومستقيم يحمل تيار I ويتحرك باتجاه الموجب لـ *x* axis كما موضح في الشكل . اذا المجال المغناطيسي المتولد من مقطع الازاحه ds عند نقطه P يساوي

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^2}$$



Where $\hat{r}$ Is a unit vector pointing from the segment to the point at which we wish to determine the magnetic field, and r is the distance between the segment and the point P. suppose the segment contains an amount of charge dq. Let the charge carriers responsible for the current take a time interval dt to have displacement. According to the definition of current we have.

حيث $\hat{r}$ هي وحدة المتجه unit vector تتجه من مقطع الازاحه ds الى النقطه P المراد حساب المجال المغناطيسي $\vec{B}$ عندها. وان r تمثل المسافه بين مقطع الازاحه و النقطه P ولنفرض ان المجال المغناطيسي عند النقطه P هو dq وان الشحنه الحامله للتيار تحتاج الى زمن dt لعبور مقطع الازاحه ds وطبقا لتعريف التيار

$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$Id\vec{x} = \frac{dq}{dt} d\vec{x} = dq \frac{d\vec{x}}{dt} = dq\vec{v}$$

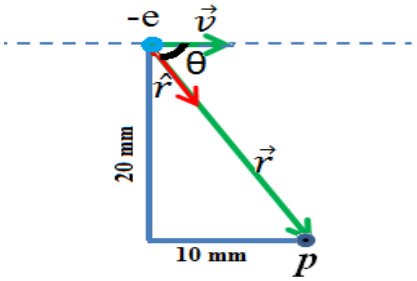
$Id\vec{x} = q\vec{v}$

Substituting this result into Biot-Savart law, we obtain an expression for the magnetic field of a single moving charged particle:

وباستبدال هذه النتائج بقانون بايو سفرت سنحصل على قانون لحساب قيمة المجال المغناطيسي في نقطه تبعد مسافه عن موصل مستقيم طويل يحمل تيار

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\vec{r}}{r^2} \quad \text{.....(18)}$$

Example: An electron carrying a charge e= –1.6 x10 $^{-19}$ C moves in a straight line at a speed v = 3x10^7 m/s. What are the magnitude and direction of the magnetic field caused by the electron at a point **P** 10 mm ahead of the electron and 20 mm away from its line of motion?



The magnitude of $\vec{r}$ *is r and equal*

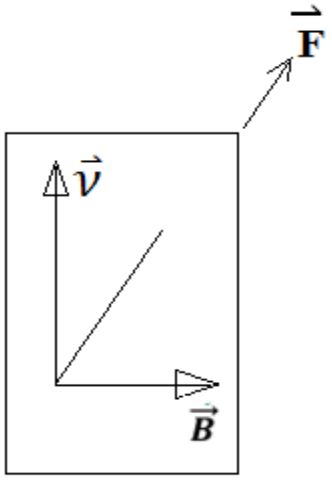
$\vec{r} = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22mm$

$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\vec{r}}{r^2}$

$\vec{B} = \frac{(4\pi\times10^{-7}\,m/A)}{4\pi}\ \frac{(1.6\times10^{-19}C)(3\times10^7\,m/sec)\times22\times10^{-3}m}{(22\times10^{-3}m)^2}$

$B = 8.6\times10^{-16}\text{T}$

Problems Ch 1



1- The North-Pole end of a bar magnet is held near a positively charged piece of plastic. Is the plastic (a) attracted, (b) repelled, or (c) unaffected (d) rotates by the magnet?

Why *(c) the positive charge in the piece of plastic is in the rest so there is no magnetic field to interact*.

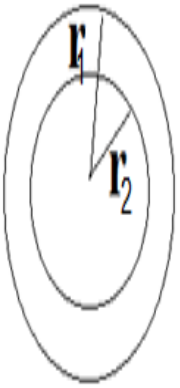
2-A charged particle moves with velocity v in a magnetic field B. The magnetic force on the particle is a maximum when v is (a) parallel to $\vec{B}$, (b) Perpendicular to $\vec{B}$, (c) zero (d) θ= 60°.

Why (b) $\vec{F}_B = q(v \times \vec{B})\, Sin\,\theta$ *……Sin 90 = 1*

3- An electron moves in the plane of this paper toward the top of the page. A magnetic field is also in the plane of the page and directed toward the right. The direction of the magnetic force on the electron is (a) toward the top of the page, (b) toward the bottom of the page, (c) toward the left edge of the page, (d) toward the right edge of the page, (e) upward out of the page, (f) downward into the page.

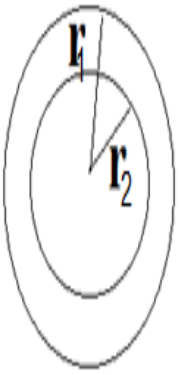
4- A wire carries current in the plane of this paper toward the top of the page. The wire experiences a magnetic force toward the right edge of the page. The direction of the magnetic field causing this force is (a) in the plane of the page and toward the left edge, (b) in the plane of the page and toward the bottom edge, (c) upward out of the page, (d) downward into the page.

5- A charged particle is moving perpendicular to a magnetic field in a circle with a radius *r*. An identical particle enters the field, with v perpendicular to $\vec{B}$, but with a higher speed *v* than the first particle. Compared to the radius of the circle of the first particle, the radius of the circle for the second particle is (a) smaller (b) larger (c) equal in size.



$$R = \frac{mv}{q\vec{B}}$$

6- Charged particle is moving perpendicular to a magnetic field in a circle with a radius *r*. The magnitude of the magnetic field is increased. Compared to the initial radius of the circular path, the radius of the new path is (a) smaller (b) larger (c) equal in size.



$$R = \frac{mv}{q\vec{B}}$$

7- Comparison between the magnetic field and the electric field?

Magnetic field	Electric field
1 – فقط الشحنات المتحركه يتولد حولها مجال مغناطيسي بالاضافه الى المجال الكهربائي 2 – قيمة المجال المغناطيسي اتجاهيه وتعتمد على العلاقه $\vec{F} = \vec{B}(qv\ sin\theta)$	1 – يتولد المجال الكهربائي حول الشحنات حتى في حالة السكون . 2 – قيمة المجال الكهربائي اتجاهيه وتعتمد على العلاقه $F_e = qE$

8- State the magnetic field lines properties

1– تتبع خطوط المجال المغناطيسي $\vec{B}$ من الشمال الى الجنوب

2 – في كل نقطه على خطوط المجال اتجاه القوه المغناطيسيه $\vec{F}_m$ هو اتجاه المماس في تلك النقطه.

3– كثافه خطوط المجال تشير الى شدة المجال في تلك النقطه.

4 – خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع ابدا

5 – خطوط المجال المغناطيسي يمكن الاستدلال عليها بواسطه البوصله.

6 – خطوط المجال المغناطيسي ليست لها بدايه او نهايه فهي مستمره داخل المغناطيس.

9- Define the magnetic flux and Gauss's law?

The magnetic field is equal to the flux per unit area across an area at right angles to the magnetic field = magnetic flux density.

المجال المغناطيسي يساوي الفيض المغناطيسي Φ_B لوحدة المساحه dA لخطوط المجال المغناطيسي العموديه على وحدة المساحه ويعبر عنها بالعلاقه

$$\Phi_B = \int B_\perp\, dA = \int B\, cos\emptyset .\, dA$$

For non- uniform magnetic field

حيث ان الفيض المغناطيسي كميه عدديه (العلاقه السابقه هي للمجال المغناطيسي الغير منتظم و يعبر عن المجال غير المنتظم بالتكامل المغلق و الزاويه θ هي الزاويه المحصوره بين كتجه خطوط المجال و متجه المساحه

If $\vec{B}$ Is uniform:

$$\Phi_B = B_\perp A = B\ A\ \mathrm{Cos}\,\theta$$

اما اذا كان المجال المغناطيسي منتظم . فيكون الفيض هو عباره عن حاصل ضرب المركبه العموديه في المساحه و جيب تمام الزاويه المحصوره بينهما.

- Difference with respect to electric flux ⇒ the total flux through a closed surface is always zero. This is because there is no isolated magnetic charge ("monopole") that can be enclosed by the Gaussian surface.

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

وعند مقارنة الفيض المغناطيسي مع الفيض الكهربائي نجد ان الفيض المغناطيسي لسطح مغلق يساوي صفرا لان خطوط المجال تنبع من القطب الشمالي وتتجه الى القطب الجنوبي وتستمر داخل المغناطيس وبالتالي يكون صافي الفيض صفرا . اما الفيض الكهربائي فان مجموع الفيض على السطح يساوي الشحنه الكليه داخل السطح مقسوما على السماحيه الكهربائيه للفراغ (ε_o) اي لا يساوي صفرا.

Magnetic flux	Electric flux
$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$ مجموع الفيض المغناطيسي لسطح مغلق تساوي صفرا (لاوجود للقطب المغناطيسي الواحد)	$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_O}$ مجموع خطوط الفيض الكهربائي تساوي الشحنه الكليه للجسم مقسومتا على السماحيه النسبيه للفراغ (من الممكن الحصول على شحنه سالبه او موجبه بشكل منفرد)

10- Define the Ampere law and give an expression for the magnetic field?

Ampere' Law: the line integral of B and dl over a closed path is μ_o Times the current enclosed in that loop:

التكامل الخطي لحاصل ضرب خطوط المجال المغناطيسي و متجه الازاحه لمسار مغلق يساوي حاصل ضرب النفاذيه المغناطيسيه للفراغ μ_o وضربة في التيار في الدائره المغلقه (enclosed i)

$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_o . i_{enclosed}$$

$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \mathrm{T.m/A}$ is the magnetic permeability of free space.

And to find the field around a long straight wire:

ولايجاد المجال المغناطيسي حول سلك موصل طويل

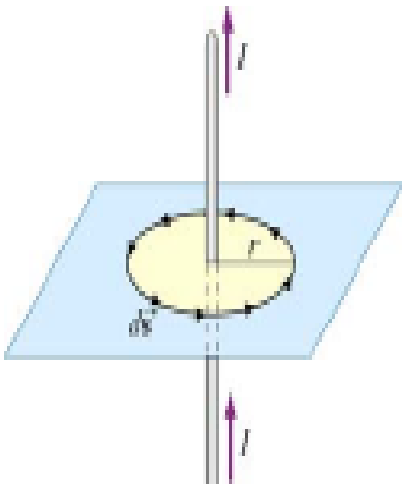
$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{ds} = \mu_o . i_{enclosed}$$

$$\oint \overrightarrow{ds} =$$

$2\pi r$ *the circumference of the loop*

$$B . 2\pi r = \mu_o . i_{enclosed}$$

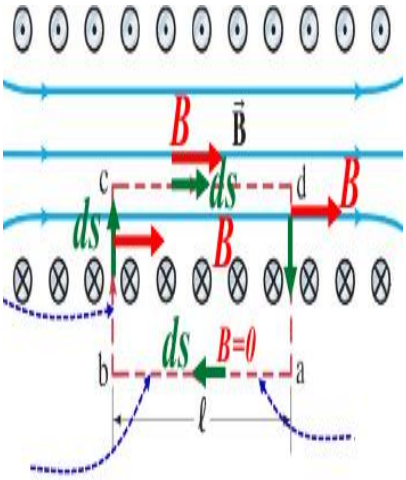
$$B = \frac{\mu_o . i_{enclosed}}{2\pi r}$$



11- Define the Solenoid and give an expression for the magnetic field?

Solenoid: is a helical coil of wire with the same current I passing through each loop in the coil. A uniform magnetic field can be generated by a solenoid.

هو عباره عن ملف لولبي من سلك موصل يمر نفس التيار في كل لفه من لفات الملف اذا يمكن توليد مجال مغناطيسي منتظم من السولونايد.



$B.ds=\mu o.I$

There are N loops with current I enclosed by

من اللفات وبنفس التيار المتظمن في الحلقات N ومع وجود

$Iin=N.I$

$Bcdds=\mu o.N.I$

$B\ l=\mu o.N.I \Rightarrow B=\mu o.N.Il$

where n$=Nl$

n is the number of turns per unit length.

$B_{solenoid}=\mu o.n.I$

12- A proton travels with a speed of 3.00 x 10^6 m/s at an angle of 37.0° with the direction of a magnetic field of 0.300 T in the +*y* direction. What is (a) the magnitude of the magnetic force on the proton and (b) its acceleration?

Solution:

(a) $F_B = q\upsilon B \sin\theta$

$= (1.60 \times 10^{-19}\ C)\ (3.00\times 10^{6}\ m/s)\ (3\times 10^{-1}\ T)\ \sin 37^o$

$F_B = 8.67\times 10^{-14}\ N$

(b) $a = \frac{F}{m} = \frac{8.67\times 10^{-14} N}{1.67\times 10^{-27} kg} = 5.19\times 10^{13}\ m/s^2$

13 A proton moves perpendicular to a uniform magnetic field $\vec{B}$ at 1.00 x10^7 m/s and experiences an acceleration of 2.00 x 10^{13} m/s^2 in the +*x* direction when its velocity is in the +*z* direction. Determine the magnitude and direction of the field.

Solution:

$F_B = ma$

$= (1.67 \times 10^{-27}\ kg)\ (2.00\times 10^{13}\ m/s^2) = 3.34\times 10^{-14}\ N$

$F_B = q\upsilon B \sin 90^o \quad ===> B = \frac{F}{qv}$

$= \frac{3.34\times 10^{-14} N}{(1.60\times 10^{-19} C)\ (1.0\times 10^{7}\ \frac{m}{s})}$

$= 2.09\times 10^{-2}\ T$

The right hand rule shows that B must be in the – *y* direction to yield a force in the +*x* direction when *v* is in the *z* direction.

14-proton moving at 4.00 x 10^6 m/s through a magnetic field of 1.70 T experiences a magnetic force of magnitude 8.20 x 10^{-13} N. What is the angle between the proton velocity and the field?

Solution:

$$F_B = q\upsilon B \sin\theta$$

$$8.20\times10^{-13}\ N = (1.60\times10^{-19}\ C)\ (4.0\times10^{6}\ m/s)(1.70\ \ T)\ \sin\theta$$

$$\sin\theta = 0.754$$

$$So\ \ \theta = \sin^{-1}(0.754)$$

$$\theta = 48.9^{o}$$

15-At the equator, near the surface of the Earth, the magnetic field is approximately 50.0 μT northward, and the electric field is about 100 N/C downward in fair weather. Find the gravitational, electric, and magnetic forces on an electron in this environment, assuming the electron has an instantaneous velocity of 6.00 x 10^6 m/s directed to the east.

Solution:

Gravitational force: $Fg = mg\ (9.11\times10^{-31}\ kg)\ (9.80\ m/s^2) = 8.93\times10^{-30}\ N$

Electric force: $Fe = qE\ (-1.60\times10^{-19}\ C)\ (100\ N/C) = 1.60\times10^{-17}\ N$

Magnetic force: $F_B = q\upsilon \times B$

$$= (-1.60\times10^{-19}\ C)(6.0\times10^{6}\ m/s) \times (5.0\times10^{-6}\ N.s/\ C.m)$$

$$= 4.80\times10^{-17}\ N$$

16-The magnetic field of the Earth at a certain location is directed vertically downward and has a magnitude of 50.0 μT. A proton is moving horizontally toward the west in this field with a speed of 6.20 x 10^6 m/s. (a) what is the direction and magnitude of the magnetic force the field exerts on this charge? (b) What is the radius of the circular arc followed by this proton?

Solution:

(a) B = 50.0 ×10^{-6} T , v = 6.20 × 10^6 m/s

Direction gives by the right hand rule = Southward

F_B= qυ× B sin θ

F_B= (1.60×10^{-19} C) (6.20×10^6 m/s) (50.0×10^{-6} T) sin 90°

F_B = 4.96×10^{-17} N

(b) $F = \frac{mv^2}{r}$ so $r = \frac{mv^2}{F} = \frac{(1.67\times10^{-27}\ Kg)(6.20\times10^6\ \frac{m}{s})^2}{r4.96\times10^{-17}N}$

r = 1.29 Km

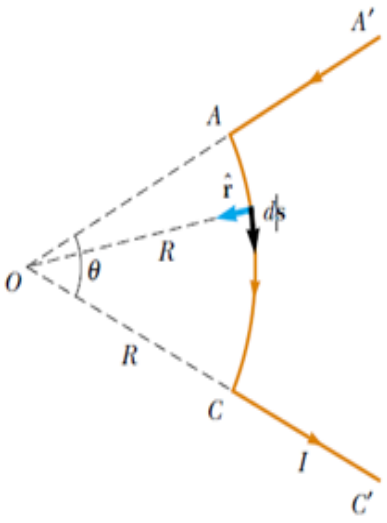
17-Calculate the magnetic field at point O of the current carrying wire segment shown in Figure. The wire consists of two straight portions and a circular arc of radius *R*, which subtends an angle θ. The arrowheads on the wire indicate the direction of the current.

Solution:

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{ds}{R^2}$$

Because I and R are constants in this situation, we can easily integrate this expression over the curved path AC:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\int ds = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}s = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta$$



where we have used the fact that $s = R\theta$ with θ measured in radians.

The direction of $\mathbf{B}$ is into the page at O because $d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}$ is into the page for every length element.

18-Consider the hemispherical closed surface in Figure 1. The hemisphere is in a uniform magnetic field that makes an angle θ with the vertical. Calculate the Magnetic flux through (a) the flat surface S1 and (b) the hemispherical surface S2.

Solution:

Solution:- the magnetic flux through the flat face S

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A} \cos\theta$

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A}\, Cos\ (180 - 0)$

Note that cos(A+B) = CosA.Cos B – Sin A.Sin B

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A}\ [Cos180. Cos\ 0 - Sin\ 180. Sin0]$

Φ_B= BπR^2(-1).(1)- (0).(0)

Φ_B= - BπR^2 Cosθ the magnetic flux through the flat face

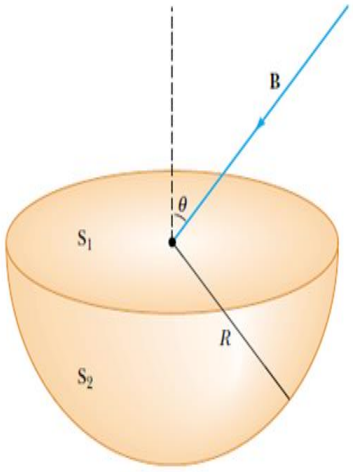


Figure 1

To net flux through the closed surface is zero

Φ_{total}= $\Phi_{Flat} + \Phi_{Curved}$ = 0

19- cube of edge length l= 2.50 cm is positioned as shown in Figure. A uniform magnetic field given by $\vec{B}$ = (5ˆi + 4ˆj + 3ˆk) T exist throughout the region.

(a) Calculate the flux through the shaded face?

(b) What is the total flux through the six faces?

Solution: -

To calculate the magnetic flux through the shaded face

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A}$ Where $\Phi_B$the magnetic flux is $\vec{B}$ is the magnetic field $d\vec{A}$

Is the area segment the shaded face vector is (100)

= ˆi +0 ˆj +0 ˆk

l = 2.50 cm = (2.5×10^{-2}) m

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A}$ = B. A

= (5ˆi + 4ˆj + 3ˆk) T. $(2.5 \times 10^{-2})^2$ ˆi m^2

= (5ˆi + 0 + 0) T. (6.25×10^{-4}) ˆi m^2

Φ_B = 31.25×10^{-4} T. m^2

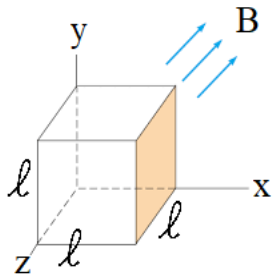


Figure 1

And to find the total flux through the six faces

$\Phi_B = \int \vec{B} . d\vec{A} = 0$ The net magnetic flux through the six faces zero according to Gauss law.

References:

1- Electricity and magnetism R. MURUGESHAN, S. CHAND & COMPANY LIT., 1995.
2- Seraway, Physics for Scientists and Engineers, by SERWAY AND JEWETT. 2017.
3-Elecrisity and magnetism /3rd Edition/ EDWARED M. PURCELL AND DAVID J. MORIN, 2015.
4- electricity and magnetism e- book *www.lightandmatter.com BENJAMEN CROWELL, 2015.*
3- Seraway Solutions, Instructions Manual for Serway and Jewet Physics for Scientists and Engineers.