الفصل الثامن
المغناطيسية

8-1 مقدمة

المغناطيسية ظاهرة عرفت في الطبيعة منذ زمن قديم. فقد لاحظها الإغريق قبل أكثر من ألفي عام متمثلة في قابلية بعض خامات الحديد [كأوكسيد الحديد Fe_3O_4 المسمى Magnetite] في جذب قطع الحديد الصغيرة. كما عرف الأقدمون أنه إذا علق مغناطيس طبيعي من وسطه بصورة طليقة فإنه دائماً يأخذ اتجاهاً معيناً هو اتجاه الشمال والجنوب الجغرافيين تقريباً. وقد استفاد أجدادنا العرب من هذه الظاهرة في صناعة البوصلات لترشدهم في رحلاتهم.

وبقي علم المغناطيسية على وضعه لقرون عديدة دون تطور يذكر حتى مطلع القرن التاسع عشر حين اكتشف العالم الدانماركي أورستد في عام (1820) أن التأثيرات المغناطيسية يمكن أن تنشأ من قبل التيارات الكهربائية أو الشحنات المتحركة وأعقبت ذلك سلسلة من الاكتشافات أدت إلى فهم أعمق لطبيعة المغناطيسية.

8-2 المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي : هو منطقة تظهر فيها اثار القوة المغناطيسية .

- فالمغناطيس محاط بمنطقة (مجال) اذا وضعت في موضع ما من تلك المنطقة بوصلة تأثرت به وغيرت من اتجاهها.
- والسلك الذي يمر خلاله تيار كهربائي محاط بمجال مغناطيسي فاذا وضعت بالقرب منه بوصلة غيرت من اتجاهها ايضا لتاثرها بالمجال المغناطيسي الذي احدثه التيار.
- وللجسم المتحرك المشحون بالكهربائية مجال مغناطيسي فعند حركته داخل مجال مغناطيسي اخر تظهر عليه قوة و عند سكونه يزول مجاله فتزول تلك القوة المؤثرة عليه.

المجال المغناطيسي مقدار اتجاهي كالمجال الكهربائي ويمثل بخطوط افتراضية يطلق عليها خطوط **الحث المغناطيسي magnetic lines of induction**. ويمكن ان يعرف خط المجال المغناطيسي : **خط وهمي يمثل مسار حركة وحدة الأقطاب الشمالية الافتراضية حيث تبدو خارجة**

من القطب الشمالي وداخلة إلى القطب الجنوبي خارج المغناطيس وداخلة من الجنوبي الى الشمالي.

ومن خصائصه :-

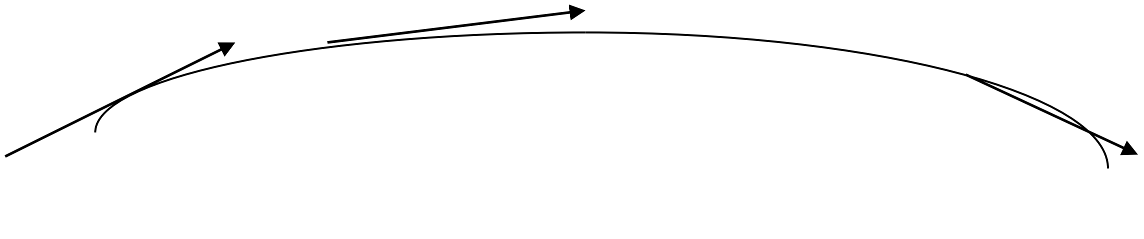
1- خطوط وهمية تبدو خارجة من القطب الشمالي وداخلة في القطب الجنوبي خارج المغناطيس ومن الجنوبي إلى الشمالي داخلة.

2- تتكاثف وتتزاحم خطوط المجال المغناطيسي عند الأقطاب وتقل في بقية المناطق وذلك لان القوة المغناطيسية تكون اكبر ما يمكن عندهما وتقل في بقية المناطق حيث تتناسب(القوة المغناطيسية) طردياً مع عدد خطوط المجال التي تقطع مساحة السطح عمودياً.

3- خطوط مغلقة (مقفلة) وذلك لأنه لا يمكن أن يوجد قطب منفرد عملياً حيث يتواجد القطبان معاً وبالتالي فان خروج خط المجال المغناطيسي من القطب الشمالي سوف ينتهي داخلاً إلى القطب الجنوبي خارج المغناطيس وفي داخله من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي. على عكس المجال الكهربائي الذي يمكن أن توجد فيه الشحنة الكهربائية منفردة وبالتالي يكون خطاً مفتوحاً ينتهي نظرياً في المالانهاية.

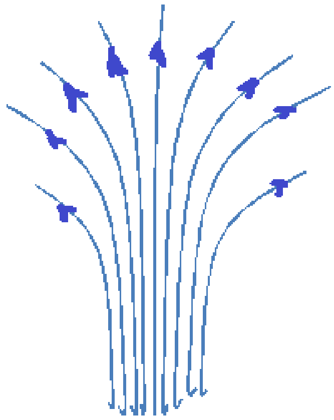
4- لا تتقاطع، وذلك لأنها لو تقاطعت لأصبح للمجال المغناطيسي اكثر من اتجاه عند نقطة التقاطع وهذا معناه أن للمغناطيس اكثر من مجال عند النقطة الواحدة وهذا مرفوض عملياً لان المغناطيس له مجال واحد عند النقطة الواحدة.

5- إذا كان خط المجال المغناطيسي منحنياً فان المماس عند نقطة فيه يمثل اتجاه المجال المغناطيسي وإذا كان مستقيماً فان اتجاهه يمثل اتجاه المجال مباشرة.



6- يتناسب عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع السطح عمودياً عليه تناسباً طردياً مع المجال المغناطيسي.

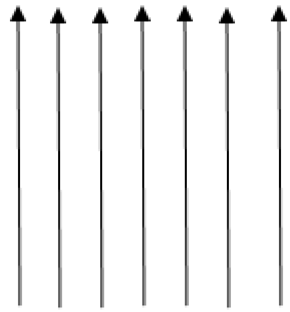
7- ان خطوط المجال المغناطيسي تعطي فكرة عن طبيعة المجال ان كان منتظما او غير منتظما



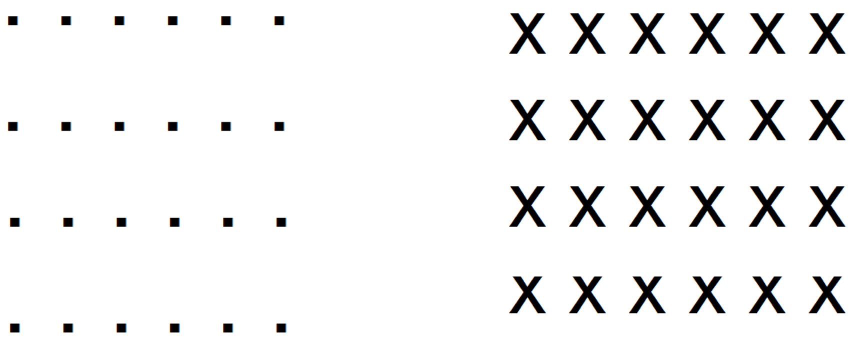
- خصائص المجال المغناطيسي المنتظم

1- خطوط المجال المغناطيسي مستقيمة متوازية في نفس الاتجاه وعلى أبعاد متساوية.

2- يكون المجال المغناطيسي متساوياً في المقدار والاتجاه عند جميع النقاط الواقعة فيه.



3-اذا كان المجال مسلطا بصورة عمودية على الصفحة و متجها نحو القارئ جرت العادة تمثيله بنقاط (.), اما اذا كان مبتعدا عن القارئ تمثل بعلامة(x).



يطلق على خط المجال المغناطيسي اسم ويبر Weber ويرمز له W . اما **مجموعة خطوط المجال المغناطيسي عند نقطة ما والمارة بصورة عمودية في وحدة المساحة (m^2)**

فانه يدعى بالحث المغناطيسي ويرمز له (B) . وعلى هذا الاساس فان الحث المغناطيسي هو مقدار اتجاهي واتجاهه في اي نقطة هو اتجاه خط الحث المار في تلك النقطة , اما وحدات B فهي $\frac{W}{m^2}$ ويطلق عليها اسم تسلا Tesla ويرمز لها (T).

$$T = \frac{W}{m^2}$$

3-8 الفيض المغناطيسي Φ_B Magnetic Flux

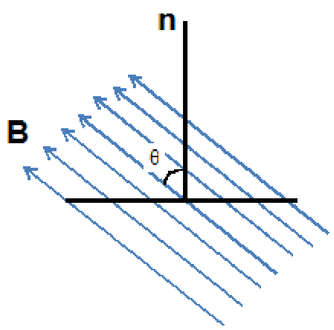
يعرف الفيض المغناطيسي خلال سطح هو عدد خطوط الحث المغناطيسي المخترقة بصورة عمودية للسطح ويرمز له $\mathbf{\Phi_B}$ ويعبر عنه بالعلاقة الاتية :-

$$\Phi_B = \int_S \vec{B}.d\vec{S}$$

$$\Phi_B = \int_S \vec{B}d\overrightarrow{S\cos\theta}$$

θ تمثل الزاوية المحصورة بين اتجاه B واتجاه عنصر السطح dS .

اتجاه السطح هو اتجاه العمود المقام على السطح نحو الخارج ويرمز له n



إذا كان المجال منتظم وعمودي على السطح:

$$\therefore \Phi_B = BS$$

حيث (S) مساحة السطح

ملاحظة مهمة

غالبا ما يطلق B اسم كثافة الفيض المغناطيسي بدلا من اسم الحث المغناطيسي .

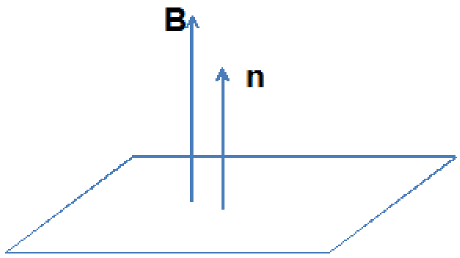
مثال 1

مجال مغناطيسي منتظم فيه $B= 1.2\ T$, جد الفيض المخترق لسطح مستوي مساحته $2\ m^2$

1- عندما يوضع السطح بصورة عمودية على اتجاه المجال
2- اذا كان اتجاه السطح يصنع زاوية مقدارها 30^o مع اتجاه المجال
3- عندما يوضع السطح بصورة موازية للمجال

الحل :

1- اذا كان السطح بوضع عمودي على اتجاه المجال , فاتجاه السطح (اتجاه العمود على السطح) يكون موازيا لاتجاه المجال , فالزاوية θ تكون مساوية الى الصفر .



$$\Phi_B = \int_S \vec{B} d\overrightarrow{S \cos\theta}$$

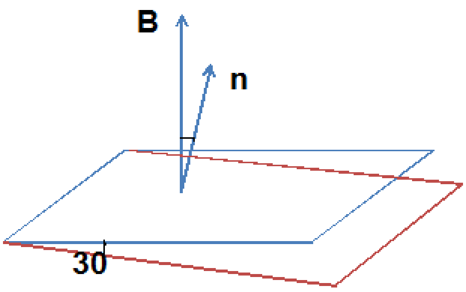
$\cos\theta = \cos(0) = 1$

لان كل من θ , B مقدار ثابت لجميع اجزاء السطح

$$\therefore \Phi_B = BS$$

$$\Phi_B = 1.2\ T \times 2\ m^2 \times 1 = 2.4\ W$$

2- في حالة الزاوية $\theta = 30^o$



$$\Phi_B = BS\cos\theta$$

$$\Phi_B = BS\cos 30$$

$$\Phi_B = 1.2\ T \times 2m^2 \times \sqrt{3}/2 = 1.2 \text{ x } \sqrt{3}\ W$$

3- عندما يكون السطح موازيا لاتجاه المجال , فان اتجاه السطح يكون عموديا على اتجاه المجال

$\theta = 90^o$

$$\Phi_B = 1.2\ T \times 2m^2 \times \cos 90 = 0$$

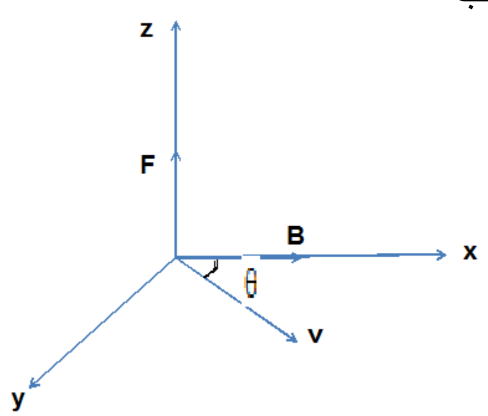
8-4 اتجاه المجال المغناطيسي

تكلمنا سابقا عن المجال المغناطيسي وذكرنا ان له اتجاها الا اننا لم نعط تعريفا لاتجاهه والان حان الوقت لإعطاء هذا التعريف.

اتفق مبدئيا على ان يكون اتجاه المجال المغناطيسي على استقامة الاتجاه الذي تتحرك به شحنة كهربائية خلال المجال بحيث تكون القوة المؤثرة عليها – من قبل المجال – مساوية الى الصفر.

فاذا كانت الشحنة q في الشكل متحركة خلال مجال مغناطيسي كانت القوة المؤثرة عليها مساوية الى الصفر عندما تكون في نقطة p متحركة باستقامة ab , فالمجال المغناطيسي هو باستقامة ab.
الملاحظ اننا لحد الان لم نعين اتجاه المجال بل عينا استقامته فقط ، فالمجال قد يكون باتجاه ab او باتجاه ba .

الشكل الاتي يمثل المحاور المتعامدة xyz واقعة في مجال مغناطيسي ، وشحنة مقدارها q متحركة باستقامة x فاذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة عليها تساوي صفرا فالمجال اذن على استقامة المحور x , لو حادت الشحنة عن المحور x ظهرت عليها قوة مغناطيسية ، فان كانت الشحنة موجبة والحركة موازية للسطح xy , وكانت القوة المغناطيسية المؤثرة عليها باتجاه المحور z , اتفق على ان يكون اتجاه المجال باتجاه المحور x الموجب



وتعين العلاقة بين المتجهات F, v , B باستخدام قاعدة اليد اليمنى التي سنتعرف عليها بالبند القادم.

8-5 القوة على شحنة كهربائية متحركة في مجال مغناطيسي

القوة المغناطيسية (F) – وهي القوة الجانبية المؤثرة على أي جسيم مشحون يطلق في المجال المغناطيسي، وهذه القوة تعمل على حرف الجسيم المشحون عن اتجاه حركته الأصلي.

اتجاه القوة (F) يكون دائماً عمودي على سرعة الجسيم.

أما مقدار (F) يتغير بتغير الاتجاه الذي تعمله السرعة مع المجال رغم بقاء مقدار السرعة ثابت.

يكون مقدار هذه القوة (F) = صفر [عندما يتحرك الجسيم باتجاه المجال].

يكون مقدار هذه القوة أعلى ما يمكن عندما يتحرك الجسيم باتجاه عمودي على المجال.

مقدار القوة المؤثرة في الجسيم تتناسب مع كمية الشحنة التي يحملها الجسم

$\therefore F \propto q$

القوة تتناسب طردياً مع مركبة السرعة العمودية على المجال ($v\perp$)

$F \propto v_{\perp}$

إن المتجه $\vec{B}$ = هو المتجه = شدة المجال المغناطيسي

لو أطلقت شحنة اختبارية موجبة (q_o) بسرعة (v) تصنع زاوية θ مع اتجاه المجال المغناطيسي، فإن التعبير الرياضي لشدة المجال المغناطيسي هو:

$$B = \frac{F}{q_o v \sin\theta} \quad \text{............} \quad (1)$$

كما عرف المتجه E بدلالة القوة المؤثرة على شحنة اختبارية يفترض وجودها في المجال الكهربائي

$$E = \frac{F}{q_o}$$

من معادلة (1)

$$F = Bq_o v \sin\theta$$

B = ثابت التناسب

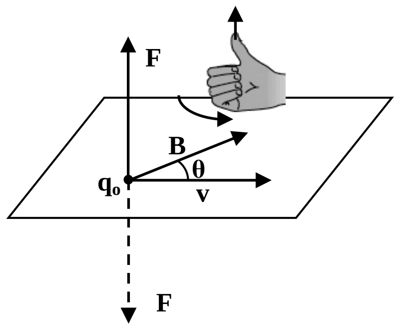
$$F = B\,(q_o v \sin\theta)$$

إن الصيغة الاتجاهية لمعادلة (1) هي:

$$\vec{F} = q_o \vec{v} \times \vec{B}$$

ملاحظة: لقد جرت العادة على تسمية المتجه B من قبل الكثير بالحث المغناطيسي.

ولتحديد اتجاه F وذلك باستخدام قاعدة اليد اليمنى. إذا وضعت الأصابع الأربعة لنفس اليد بالاتجاه الذي يشير إلى تدوير المتجه (v) نحو المتجه B خلال الزاوية الأصغر بينهما.



في حالة الشحنات السالبة تطبق نفس القاعدة ولكن يتحتم عكس اتجاه القوة كما مبين في الشكل السابق.

أما وحدة شدة المجال المغناطيسي فهي

$$B = \frac{F}{q_o v \sin\theta} = \frac{N.sec}{C.m} = \text{Tesla} \quad \text{تسلا} \quad (T)$$

التسلا

هي شدة المجال المغناطيسي الذي يولد قوة مقدارها نيوتن واحد على شحنة قدرها كولوم واحد تتحرك بصورة عمودية على المجال وبسرعة متر لكل ثانية.

هناك وحدة أصغر من التسلا هي الكاوس (Gauss)

$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

وإن المجال المغناطيسي يمثل بخطوط وهمية تدعى بخطوط القوة المغناطيسية أو خطوط الحث.

إن الاتجاه المغناطيسي عند أية نقطة هو نفس اتجاه خط القوة المغناطيسية في تلك النقطة.

مثال 2

مجال مغناطيسي منتظم فيه B=0.12T باتجاه الشرق ، قذف في المجال بروتون بسرعة مقدارها $5x10^{5}$ m/sec جد مقدار واتجاه القوة المسلطة على البروتون حال دخوله المجال اذا كان قد قذف 1-باتجاه الجنوب 2- باتجاه الشمال 3- باتجاه الغرب 4- باتجاه الشرق 5- بمستوى افقي وباتجاه 60^{o} جنوب الشرق 6- بمستوى شاقولي الى الاعلى وباتجاه يصنع زاوية مقدارها 60^{o} مع الشاقول نحو الشرق

الحل:

$q=1.6\ x10^{-19}$coul
$v=5x10^{5}$ m/sec
B=0.12T
$F= qvB\sin\theta$

1-
$\theta=90^{o}$ $\sin\theta=1$
$F= 1.6\ x10^{-19}\ x\ 5x10^{5}\ x0.12\ x1$
$F= 9.6\ x10^{-15}$ N
باتجاه شاقولي الى الاعلى

2-
$\theta=90^{o}$ $\sin\theta=1$
$F= 1.6\ x10^{-19}\ x\ 5x10^{5}\ x0.12\ x1$
$F= 9.6\ x10^{-15}$ nt
باتجاه شاقولي الى الاسفل

3-
$\theta=180^{o}$ $\sin180=0$
F=0

4-
$\theta=0$ $\sin0=0$
F=0

5-

$\theta=60^o \quad \sin60=\sqrt{3}/2$

$F= 9.6 \times10^{-15} (\sqrt{3}/2)$

$= 4.8\times \sqrt{3} \times10^{-15}$ N

باتجاه شاقولي الى الاعلى

6-

$\theta=30^o \quad \sin30=1/2$

$F= 9.6 \times10^{-15} (1/2)$

$= 4.8 \times10^{-15}$ N نحو الشمال

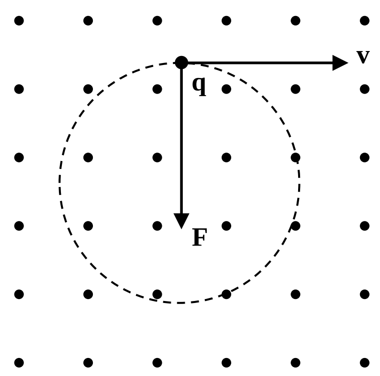
8-6 حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي

كما ورد سابقا , يمثل المجال العمودي على الورقة بالعلامة (•) إذا كان متجهاً نحو القارئ وبالعلاقة (×) إذا كان متجهاً نحو الورقة.

1. جسيم يحمل شحنة موجبة قدرها (q) قذف بسرعة (v) بصورة عمودية على مجال مغناطيسي منتظم (B)، إن هذا الجسيم سوف يتأثر بقوة مقدارها يساوي (qvB)

$F = B\,q\,v \sin\theta$

$F = q\,v\,B \quad [\theta = 90°]$



إن اتجاه F يكون عمودي على (v و B).

∴ القوة سوف تعمل على تغيير اتجاه سرعة الجسيم دون التأثير على مقدار هذه السرعة.

∴ بما أن F ثابتة المقدار واتجاهها عمودي على السرعة

∴ الجسيم سوف يسلك مساراً دائرياً نصف قطره (r) ويكتسب تعجيلاً مركزياً قدره $\frac{v^2}{r}$

باستخدام قانون نيوتن الثاني

$$q\,v\,B = m\frac{v^2}{r}$$

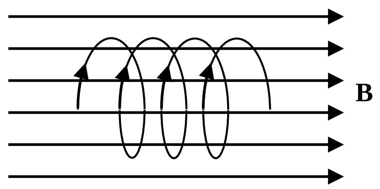
حيث (m) = كتلة الجسيم

$r = \frac{mv}{qB}$ = نصف قطر المسار

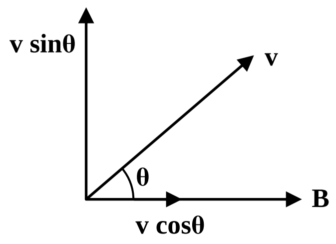
ω = السرعة الزاوية = $\frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$

$\therefore$ f = عدد الدورات التي يعملها الجسيم في الثانية الواحدة = $\frac{\omega}{2\pi} = \frac{qB}{2\pi m}$

2. إذا دخل جسيم مشحون مجالاً مغناطيسياً بصورة مائلة



مسار لولبي لجسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم.



$\therefore$ للسرعة مركبتين

1) مركبة موازية للمجال لا تتأثر بالمجال المغناطيسي.

2) مركبة عمودية على المجال، حيث يتغير اتجاهها (وليس مقدارها)

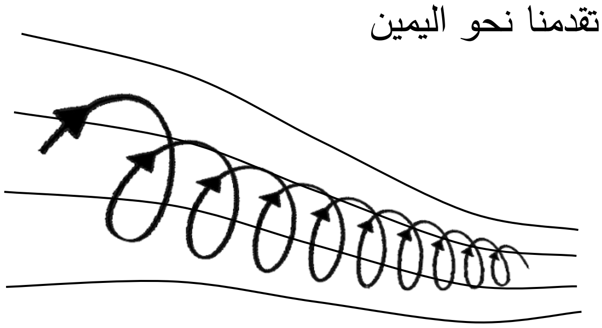
$\therefore$ سوف يتحرك الجسيم بمسار لولبي ناتج عن محصلة حركتين هما:

1) الحركة الأولى منتظمة وموازية للمجال.

2) حركة دائرية عمودية على المجال.

3. إذا دخل الجسيم مجالاً مغناطيسياً غير منتظم

حيث تزداد شدة المجال كلما تقدمنا نحو اليمين



من المعادلة $r = \frac{mv}{qB}$

نجد أن r يتناسب عكسياً مع B

كلما زاد المجال قل نصف قطر الدوران

∴ نصف قطر المسار اللولبي يتناقص كلما تقدم الجسيم أكثر فأكثر نحو اليمين، كما يصاحب ذلك نقصان في مركبة السرعة الموازية للمجال.

∴ لفات المسار تتقارب أكثر فأكثر كلما تقدم باتجاه زيادة المجال. ومتى ما أصبحت هذه السرعة صفراً انعكس الجسيم وأخذ يتقدم بالاتجاه المعاكس للمجال.

∴ المجال المغناطيسي عندما تزداد شدته يبدأ العمل كعاكس للجسيمات المشحونة ويدعى (Magnetic Mirror) المرآة المغناطيسية.

مثال 3:

قذف بروتون بصورة عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم B=0.1 T فاذا دخل البروتون المجال بانطلاق مقداره $6x10^5$ m/sec جد نصف قطر الدوران والتردد للبروتون.

$v=6\times10^5$ m/sec

$m=1.67\times10^{-27}$ kg

$B=0.1$ T

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{1.67x10^{-27}x6x10^5}{1.6x10^{-19}x0.1}$$

$$r=6.26x10^{-2}m$$

$$f=\frac{qB}{2\pi m}=\frac{1.6x10^{-19}x0.1}{1.67x10^{-27}x2\pi}$$

$$f=1.52x10^6 Hz=1.52MHz$$

8-7 حركة جسم مشحون في مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين

عندما يتحرك جسم مشحون داخل مجالين كهربائي ومغناطيسي سوف يتأثر بقوتين الكهربائية والمغناطيسية في ان واحد .

القوة المسلطة على الجسم من قبل المجال الكهربائي

$FE = q E$

من المعادلة نجد ان F , E يقعان على خط مستقيم واحد .

فان كانت الشحنة موجبة كانا باتجاه واحد.

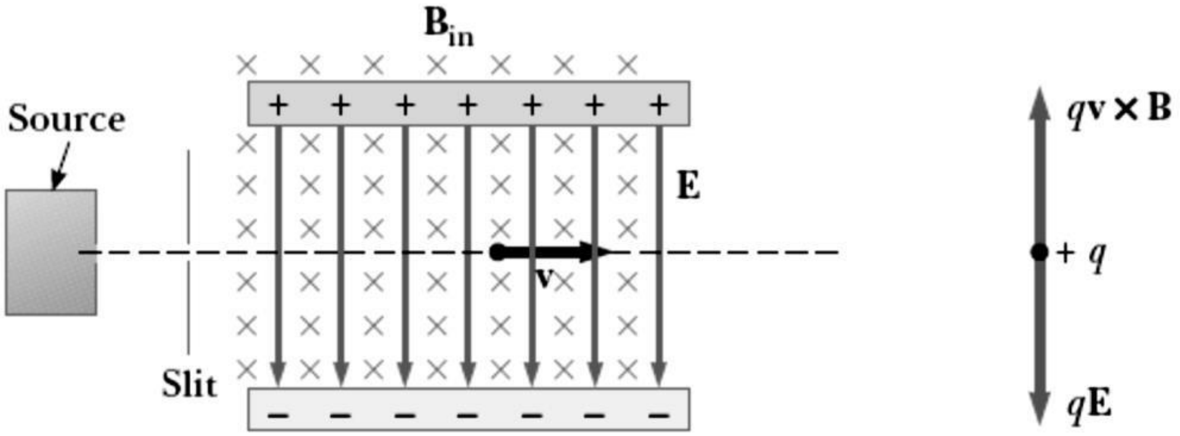
وان كانت الشحنة سالبة كانا باتجاهين متعاكسين.

القوة المؤثرة على الجسم من قبل المجال المغناطيسي

$$FM = q\,(v \times B)$$

ان FM تكون عمودية على كل من B , v ويتم تعيين اتجاهها باستخدام قاعدة اليد اليمنى مع اخذ اشارة q بنظر الاعتبار.

لنفرض ان المجالين المتعامدين يؤثران بالاتجاهين المبين بالشكل ، وان جسما مشحونا بشحنة مقدارها q قذف في مستوى الصفحة بسرعة مقدارها v بالاتجاه المبين.



فان كانت الشحنة موجبة تولدت عليها قوة كهربائية مقدارها qE باتجاه المجال E وقوة مغناطيسية مقدارها qvB بعكس اتجاه المجال الكهربائي E .

اذا كانت القوتان غير متساويتين بالمقدار فيكتسب الجسم تعجيل باتجاه المحصلة وبذلك سيتغير اتجاه حركته .

اما اذا كانت القوتان متساويتين فان المحصلة تساوي صفرا وسيبقى الجسم متحركا بخط مستقيم وبنفس السرعة الذي دخل فيهما للمجالين.

ان بقاء الجسم متحركا بسرعته المنتظمة التي دخل بها المجالين دليل على تساوي القوتين الكهربائية والمغناطيسية المؤثرتين عليه.

اي ان:

$$FE = FM$$

$$q\,E = q\,v\,B$$

اذن

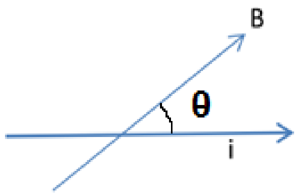
$$v = \frac{E}{B}$$

اي نستطيع قياس سرعة الجسم المشحون عند معرفتنا لقيمة المجالين الكهربائي والمغناطيسي.

8-8 القوة على موصل يسري فيه تيار كهربائي موجود في مجال مغناطيسي

اذا سلط مجال مغناطيسي على موصل يسري خلاله تيار كهربائي ظهرت على الموصل قوة مغناطيسية.

يتكون الموصل من عدد كبير من الشحنات (الالكترونات الحرة وكما قلنا سابقا فان كل شحنة ستتأثر بقوة مغناطيسية وما القوة على الموصل الا محصلة تلك القوى المغناطيسية المؤثرة على الشحنات الحرة



اذا كان لدينا موصل (سلك) طوله (**l**) يسري فيه تيار شدته (**i**) يقع تحت تأثير مجال مغناطيسي مقداره **B** يصنع زاوية $\boldsymbol{\theta}$ مع السلك ستتولد قوة مغناطيسية على كل الكترون من الالكترونات المكونة للتيار مقدارها

$$F = evBsin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots. (1)$$

فاذا كان (**n**) يمثل عدد الالكترونات الحرة في المتر المكعب الواحد، فالسلك الذي طوله (**l**) يحوي عدد من الالكترونات الحرة يساوي (**nAl**) حيث **A** مساحة مقطع السلك، وعليه تكون محصلة القوى على الطول (**l**)

$$F = (evBsin\theta)nAl = envAIBsin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من البند السابق لدينا

$$i = envA$$

$$:: F = ilBsin\theta \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

وهي القوة المغناطيسية على سلك طوله (**l**) والتيار المار فيه (**i**) واقع تحت تأثير مجال مغناطيسي (**B**)، الزاوية θ و هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك (اتجاه التيار).

فاذا لم يكن السلك مستقيما و/ او كان المجال غير ثابت الشدة او الاتجاه لجميع اجزاء السلك ، عند ذلك لا نستطيع حساب القوة المسلطة على السلك دفعة واحدة .

في هذه الحالة

1- نقسم السلك الى اجزاء بحيث تكون B و θ ثابتيين للجزء الواحد
2- نحسب القوة المسلطة على كل جزء
3- نجد المحصلة

القوة على الجزء الذي طوله يساوي dL هي

$$: : dF = idlBsin\theta \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (4)$$

القوة في كل من المعادلتين 3 و 4 تؤثر باتجاه عمودي على كل من الطول واتجاه المجال

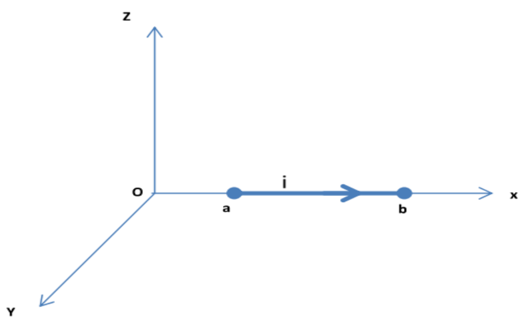
اي ان :-

$$F = i(l \; x \; B) \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots . (5)$$
$$dF = i(dl \; x \; B) \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (6)$$

مثال 4:

في الشكل التالي السلك **(ab)** طوله 140 cm والمسافة **oa = 60 cm** ويمر فيه تيار شدته **3 amp**سلط عليه مجال مغناطيسي منتظم . **B = 0.2T** جد مقدار القوة المسلطة على السلك اذا كانت **B** تؤثر:

1- باتجاه المحور **Z**. ٢- في مستوى بموازاة السطح **XY** وباتجاه يصنع زاوية **60°** مع محور **X**. 3- باتجاه محور **X.**



الحل:

يمكن حساب القوة من المعادلة $F = ilBsin\theta$ السلك يقع باتجاه المحور **X** ، أما المجال **B** فيتجه حسب

الحالات الثلاث المبينة في السؤال.

الحالة الأولى **B :** باتجاه المحور **Z** وعليه تكون القوة:

$$F = ilBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin90 = 0.84\ N$$

الحالة الثانية: في هذه الحالة فان الزاوية θ المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك هي $\mathbf{60^0}$ أي أن

$$F = ilBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin60 = 0.4273\ N$$

الحالة الثالثة **B :** باتجاه المحور **X** وعليه فان الزاوية θ المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السلك هي$\mathbf{0}°$

اي ان

$$F = ilBsin\theta = 3 \times 1.4 \times 0.2 \times sin0 = 0$$

مثال 5:

جد مقدار القوة المسلطة على السلك **ab** في المثال السابق اذا كانت لا تؤثر باتجاه المحور **Z** الا انها تتغير وفق المعادلة التالية:

$$B = (x2 + 2x + 1)\ mT$$

الحل :

في هذا المثال نجد ان **B** المؤثرة على السلك تختلف من نقطة الى اخرى الا ان الزاوية θ ثابتة لجميع اجزاء السلك.

$$dF = i\ dl\ B\ sin\theta = i\ dx\ B\ sin90$$
$$dF = 3 \times (x2 + 2x + 1) \times 10 - 3dx$$

وبالتكامل ينتج:

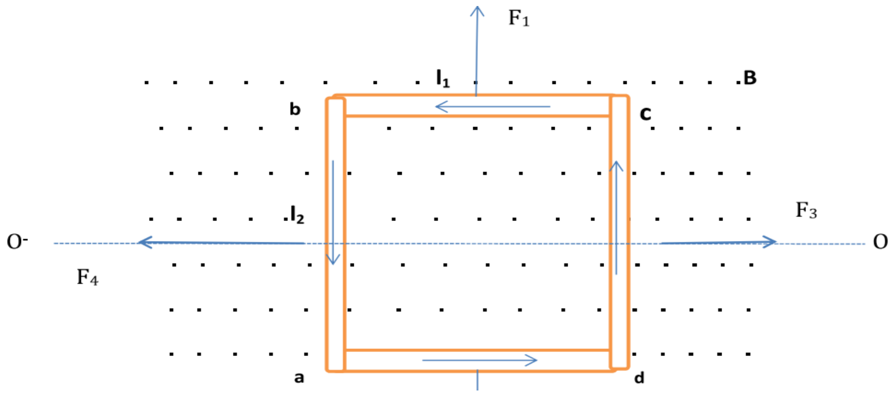
$$F = 3 * 10^{-3} * \int_{0.6}^{2} (x^2 + 2\text{x} + 1)\text{dx} = 3 * 10^{-3} \left(\frac{x^3}{3} + x^2 + x\right)_{0.6}^{2} = 0.022N$$

9-8 عزم الازدواج على ملف يمر خلاله تيار كهربائي موجود في مجال مغناطيسي.

اذا كان لدينا ملف على شكل مستطيل قابل للدوران حول المحور $o\bar{o}$ يسري خلاله تيار شدته **(i)** بالاتجاه المبين، فعند تسليط مجال مغناطيسي عمودي على الملف تتولد قوة مغناطيسية على كل ضلع من أضلاعه مقدارها iBl تؤثر بصورة عمودية على كل ضلع وستكون كل قوتين متقابلتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه.

$F_1 = - F_2 = iBl_1$

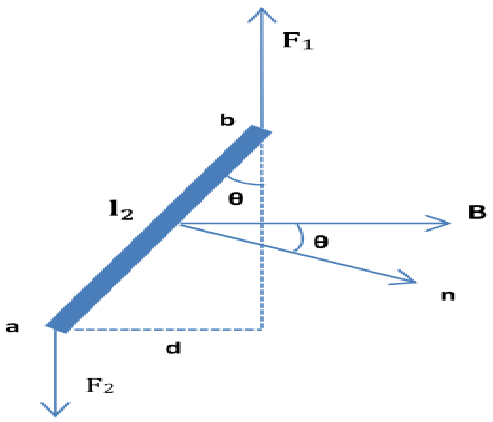
$F_3 = - F_4 = iBl_2$



اذا لم يكن المجال المغناطيسي عموديا على الملف بل كان يميل بزاوية **θ** مع اتجاه سطح الملف **(n)** فسيتولد عزم ازدواج (دوران) حول المحور $o\bar{o}$ مقداره:

$$T = Fid \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

من الشكل التالي نلاحظ أن



$$\sin\theta = \frac{d}{l} \rightarrow \therefore\ d = I_2 \sin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

نعوض **(2)** في **(1)** ينتج:

$T = F_1 l_2 \sin\theta = (iBl_1)(l_z \sin\theta) = i\, l_1 l_2 B \sin\theta$

$\therefore T = i\, AB\sin\theta \ldots \ldots \ldots\ldots (3)$

واذا كان الملف يتكون من عدد **N** من اللفات فأن عزم الازدواج يصبح

$$::T = Ni\, AB\sin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

يمكن كتابة المعادلة (**4**) بشكل ضرب اتجاهي كما يلي:

$$T = Ni\,(A \times B) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

يطلق على المقدار **(iNA)** اسم عزم ثنائي القطب المغناطيسي ويرمز له بالرمز **μ** وبالتالي تصبح المعادلة

(**5**) بالشكل الاتي:

$$T = \mu \times B \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

مثال 6:

ملف على شكل مستطيل طوله 40 cm وعرضه 30 cm وعدد لفاته 100 ويمر فيه تيار كهربائي شدته 1.5 amp موجود في مجال مغناطيسي منتظم B=0.4T . جد عزم الازدواج اذا كان اتجاه السطح يصنع مع اتجاه B زاويه مقدارها :

1- 90^o 2- 60^o 3- صفر

الحل:

$$T = NiAB\sin\theta$$
$$T = 100 \times 1.5 \times (0.4 \times 0.3) \times 0.4\sin\theta$$

1- $T = 7.2 \times \sin 90$

$= 7.2$ N. m

2- $T = 7.2 \sin 60$

$= 7.2 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$

$= 3.6\sqrt{3}$ N. m

3- $T = 7.2 \times 0 = 0$

اسئلة الفصل الثامن

س1/ ما مقدار القوة المؤثرة على الكترون يتحرك بسرعة مقدارها ($12x10^5$ m/sec) شاقوليا إلى الأعلى حال دخوله مجال مغناطيسي منتظم (0.5T=B) يؤثر باتجاه الغرب؟.

الحل:

$$F = qvB\sin = evB\sin 90 = 1.6 \times 10^{-19} \times (12 \times 10^{5}) \times 0.5 = 9.6 \times 10^{-14}\ N$$

س**2** : تحرك بروتون من السكون خلال فرق جهد كهربائي مقداره 4×10^5 volt ثم دخل بصورة عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم **.B = 0. 4T** جد) نصف قطر دوران البروتون وسرعته الزاوية)

الحل: يمكن حساب **r** من المعادلة التالية:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$m_p=1.67\times1o^2$ kg ,

$q_p=1.6\times10^{-19}$coul,

B= 0.4T,

v =?

سرعة البروتون v غير معلومة . عند حركة البروتون خلال فرق جهد كهربائي فانه سيكتسب طاقة حركية مقدارها$\boldsymbol{e(\Delta v)}$ ، حيث تمثل $(\Delta \boldsymbol{v})$ فرق الجهد الكهربائي**V** .

نحن نعلم أن الطاقة الحركية هي حاصل ضرب الكتلة بمربع السرعة اي ان

$$\frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 = \mathrm{e}(\Delta \mathrm{v})$$

$$\therefore v^2 = \frac{2e(\Delta v)}{m} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^5}{1.67 \times 10^{-27}} = 22.8\ Cm$$

لإيجاد التردد الزاوي نطبق القانون التالي:

$$\omega = \frac{\mathrm{qB}}{\mathrm{m}}$$

$$\therefore \omega = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.4}{1.67\times10^{-27}} = 3.83 \times 10^{7}\ \text{rad/sec}$$

س3/ تحرك من السكون كل من بروتون وديوترون وجزيئة الفا خلال فرق جهد كهربائي واحد، ودخلت هذه المجموعة باتجاه عمودي على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم ، فاذا تحرك البروتون بمحيط دائرة نصف قطرها **16 cm** فما نصف قطر الدائرة التي يدور بها كل من الديوترون وجزيئة الفا ؟

الحل: من المعادلة التالية

$$R = \frac{mv}{qB}$$

سرعة البروتون V غير معلومة . عند حركة البروتون خلال فرق جهد كهربائي فانه سيكتسب طاقة حركية مقدارها$\boldsymbol{e(\Delta v)}$ ، حيث تمثل$\boldsymbol{(\Delta v)}$ فرق الجهد الكهربائي**.V**

نحن نعلم أن الطاقة الحركية هي حاصل ضرب الكتلة بمربع السرعة اي ان

$$\frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 = \mathrm{q}(\Delta \mathrm{v})$$

$$v^2 = \frac{2q(\Delta v)}{m}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2q(\Delta v)}{m}}$$

$$\therefore R = \frac{m\sqrt{\frac{2q(\Delta v)}{m}}}{qB}$$

$$\therefore R_p = 16 = \frac{m_p\sqrt{\frac{2q_p(\Delta v)}{m}}}{q_pB} \ldots\ldots\ldots\ldots..(1)$$

يمكن أن نطبق نفس القانون على كل من الديوترون وجزيئة الفا وكما يلي:

$$\therefore R_d = \frac{m_d\sqrt{\frac{2q_d(\Delta v)}{m}}}{q_dB}\boldsymbol{m_d = 2m_p},,,,,,,,,,,\boldsymbol{q_d} = q_p$$

$$\therefore R_d = \frac{2m_p\sqrt{\frac{2q_p(\Delta v)}{2m_p}}}{q_pB}\ldots\ldots\ldots\ldots.(2)$$

بقسمة المعادلة (1) على (2) ينتج:

$$\frac{16}{R_d} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \therefore R_d = 16\sqrt{2}\ Cm$$

$m_\alpha = 4m_p$،،،، $q_\alpha = 2q_p$ بالنسبة لجزيئة الفا

$$\therefore R_\alpha = \frac{4m_p\sqrt{\frac{4q_p(\Delta v)}{4m_p}}}{2q_pB} \ldots\ldots..(3)$$

بقسمة المعادلة (1) على (3) ينتج:

$$\frac{16}{R_\alpha} = \frac{1}{\frac{2\sqrt{2}}{2}} \rightarrow \therefore R_\alpha = 16\sqrt{2}\ Cm$$

س4/ سيل من الالكترونات يملك كل الكترون طاقة حركية مقدارها (1 KeV) تتحرك باتجاه شمال جنوب لقطع مسافة مقدارها (20 Cm) داخل صمام تلفزيون فاذا كانت المركبة الرأسية للحث المغناطيسي الارضي في تلك **($5.5\text{x}10^{5}$T)** فما مقدار انحراف الالكترون عن اتجاهه الاصلي عند قطعه المسافة المذكورة **؟.**

الحل:

المسافة حسب قوانين نيوتن في الحركة الخطية:

$$\text{y} = \frac{1}{2}at^2$$

نطبق قانون نيوتن الثاني على الالكترون $\bar{F} = m\bar{a}$، القوة المغناطيسية هي $F_m = evB$، من مساواة القوتين نحسب التعجيل (a) حيث يكون:

$$m\bar{a} = evB$$

$$a = \frac{\text{evB}}{m}$$

اما السرعة فيمكن أن تحسب من الطاقة الحركية وكما موضح

$$\frac{1}{2}\text{mv}^2 = \text{e}(\Delta\text{v})$$

$$\therefore v^2 = \frac{2e(\Delta v)}{m} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1000}{9.1 \times 10^{-31}} = 3.4969 \times 10^{14}$$

$$\therefore v = 1.87 * 10^7\ m/Sec$$

$$\therefore \boldsymbol{a} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.87 \times 10^7 \times 5.5 \times 10^{-5}}{9.1 \times 10^{-31}} = 1.8 \times 10^{14}\ m/Sec$$

اما الزمن **t** فيحسب من حاصل قسمة المسافة على السرعة

$$t = \frac{h}{v} = \frac{0.2\ m}{1.87 \times 10^{7}\ m/Sec} = 0.1089 \times 10^{-7} Sec$$

$$y = \frac{1}{2} a t^{2} = \frac{1}{2}\ (1.8 \times 10^{14})\ (0.1069 \times 10^{-7})^{2} = 0.0103\ m = 1.03\ cm$$

س5/ شريط من النحاس عرضه **(1 Cm)** وسمكه **(0.1 Cm)** يمر خلاله تيار شدته **(20 amp)** عند تسليط مجال مغناطيسي منتظم **B=1.20T** بصورة عمودية على سطحه ظهر فرق جهد كهربائي مقداره **($18\mu V$)** بين نقطتين متقابلتين واقعتين على عرض الشريط ، جد سرعة الانجراف للإلكترونات وعددها في المتر المكعب الواحد ؟.

$$v = \frac{E}{B} \rightarrow E = \frac{V_H}{d}$$

$$\boldsymbol{v} = \frac{\boldsymbol{V_H}}{\boldsymbol{Bd}} = \frac{18 * 10^{-6}}{1.2 * 1 * 10^{-2}} = 1.5 \times 10^{-3} m/sec$$

$$n = \frac{i}{evA} = \frac{20}{1.6\ \times\ 10^{-19} \times 1.5 \times 10^{-3} \times (0.1 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^{-2})}$$

$$n = 8.33 \times 10^{28}/m^{3}$$