

تعريف المجال المغناطيسي

المغناطيسية ظاهرة تمتاز بها بعض المواد وتتمكن بواسطتها من جذب بعض المواد إليها مثل الحديد والنيكل الكوبالت.

خواص المغناطيس :

١. له قطبان شمالي (ش) و جنوبي (ج) .
٢. له القدرة على جذب بعض المواد.
٣. إذا علّق تعليق حر يتخذ اتجاه (شمال وجنوب) دائماً لأن الأرض مغناطيسي له قطبان.
٤. الأقطاب المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب.

المجال المغناطيسي :

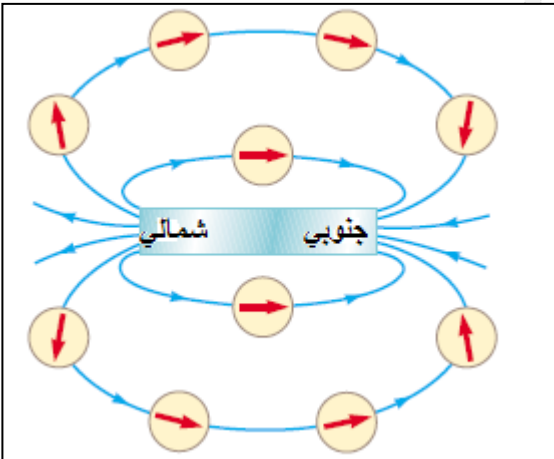
هو المنطقة المحيطة بهذا المغناطيس والتي يظهر فيها أثر هذا المغناطيس (القوة التي يؤثر بها على مادة مغناطيسية أو جسيم مشحون متحرك) .

نرمز للمجال المغناطيسي بالرمز ($\vec{B}$) .

المجال المغناطيسي كمية فيزيائية متجهة، لذلك يتم تحديدها بمقدار واتجاه

خطوط المجال المغناطيسي :

هي المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حراً في مجال مغناطيسي.



- يمكن تخطيط المجال المغناطيسي لمغناطيس باستخدام:
- أ- برادة الحديد
- ب- بوصلة

خصائص خطوط المجال:

١. خطوط وهمية تمثل مسار قطب شمالي افتراضي عند وضعه حراً في مجال مغناطيسي.
٢. يدل اتجاه المماس عند نقطة ما على اتجاه المجال في تلك النقطة.

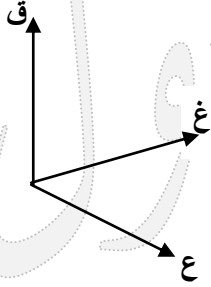
٣. تدل كثافة الخطوط عند أي نقطة على مقدار المجال المغناطيسي في تلك النقطة .

(خطوط متقاربة ← مجال كبير، خطوط متباعدة ← مجال صغير)
يكون أكبر ما يمكن عند الأقطاب.

٤. خطوط مغلقة: تخرج من القطب الشمالي و تدخل في القطب الجنوبي وتكمل دورتها من القطب الجنوبي إلى الشمالي داخل المغناطيسي ويعود السبب في ذلك إلى عدم وجود قطب شمالي مفرد.
٥. لا تتقاطع لأنها لو تقاطعت خطوط المجال عند نقطة لوجد للمجال عند تلك النقطة أكثر من اتجاه لحركة القطب الشمالي وهذا يخالف التعريف.

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية

- إذا دخل جسم مشحون إلى مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة عمودية ثابتة ومستمرة على اتجاه حركته. تغير من اتجاه حركته .



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

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

حيث:

ق: القوة المغناطيسية (نيوتن).

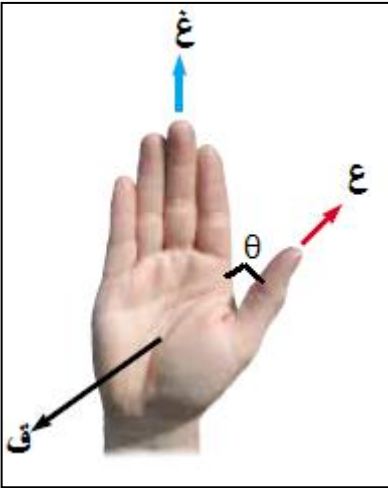
ش: الشحنة الكهربائية (كولوم) .

ع: السرعة التي تدخل بها الشحنة المجال المغناطيسي (م / ث) .

θ : الزاوية المحصورة بين $\vec{v}$ و $\vec{B}$.

لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية نستخدم قاعدة اليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه السرعة أما الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي فيكون اتجاه القوة كما يلي:

١. خارجة من باطن اليد للشحنة الموجبة .
٢. خارجة من ظاهر اليد للشحنة السالبة .



ملاحظات:

- ١ - يمكن استخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى المستخدمة في الضرب التقاطعي بشكل عام عن طريق جعل أصابع اليد تدور ابتداءً من اتجاه ع إلى اتجاه غ ويكون الإبهام يدل على اتجاه القوة .

٢- لا تؤثر القوة المغناطيسية على الجسيمات التالية :

أ- عديمة الشحنة (متعادلة) مثل النيوترون وأشعة غاما (ومن هنا يمكن أن يستخدم المجال المغناطيسي للتمييز بين الإشعاعات الكهرومغناطيسية .

ب - الساكنة (ع = صفر) .

ج- الشحنات التي تتحرك مع اتجاه يوازي اتجاه المجال المغناطيسي ($\theta = 0$ صفر أو $\theta = 180^\circ$) .

• ما هو الشغل الذي تبذله القوة المغناطيسية على الشحنات الكهربائية ؟؟؟

$$\text{الشغل} = \vec{Q} \cdot \vec{F} \leftarrow \text{ش} = Q \cos \theta$$

لكن القوة عمودية مع اتجاه الحركة ($\theta = 90^\circ$) .

$$\leftarrow \text{ش} = Q \cos 90^\circ = \text{صفر}$$

∴ القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيمات التي تؤثر بها، إنما تُغيّر من اتجاه سرعتها فقط فتجعلها تتحرك في يختلف عن المسار الذي تتحرك فيه. وإذا كان المجال المغناطيسي منتظم فإنها تتحرك في مسار دائري.

• يقاس المجال المغناطيسي بوحدة التسلا :

$$\text{غ} = \frac{Q}{\text{ش} \cos \theta} = \frac{\text{نيوتن. ث}}{\text{كولوم. م}} = \text{تسلا}$$

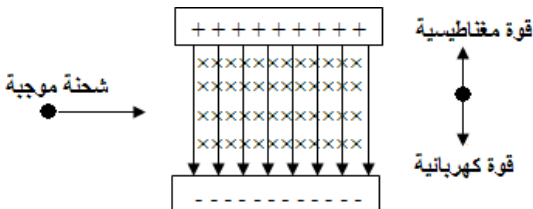
التسلا:

المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة مقدارها ١ نيوتن في شحنة مقدارها ١ كولوم تتحرك بسرعة ١ م/ث، باتجاه يتعامد مع اتجاه المجال المغناطيسي .

ويوجد هناك وحدة قياس أخرى وهي (الغاوس = 10^{-4} تسلا)
ويسمى هذا النظام الغاوسي (سم. غ. ث).

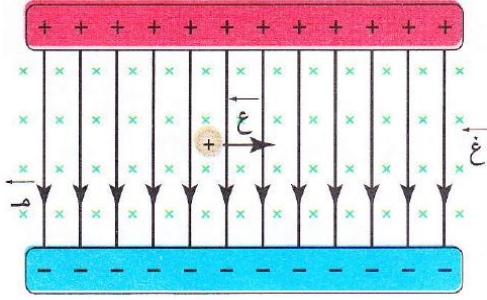
قوة لورنتز :

تظهر هذه القوة (قوة لورنتز) عند تحرك شحنة في مجال كهربائي وآخر مغناطيسي متعامدين على بعضهما. لو تركت شحنة موجبة (ش) بسرعة ($\vec{E}$) في مجال كهربائي ($\vec{M}$) وآخر مغناطيسي ($\vec{G}$) فان:



$$\begin{aligned} \vec{F} \text{ محصلة} &= \vec{F} \text{ كهربائية} + \vec{F} \text{ مغناطيسية} \\ \vec{F} \text{ محصلة} &= (\vec{M} \text{ ش} + \vec{E} \times \vec{G}) \\ \vec{F} \text{ محصلة} &= \text{ش} (\vec{M} + \vec{E} \times \vec{G}) \end{aligned}$$

سؤال :



من خلال الشكل المجاور أجب عن الأسئلة الآتية :

- ١- حدد اتجاه كل من القوتين المؤثرتين في الشحنة .
- ٢- إذا كانت القوتان متساويتين في المقدار، فكيف تتحرك الشحنة.
- ٣- ماذا يحصل لو كانت الشحنة سالبة؟ وما الذي يجب تغييره حتى تستمر الشحنة في مسارها دون انحراف .

الحل :

- ١- اتجاه القوة الكهربائية إلى الأسفل (لأن الشحنة موجبة)، بينما اتجاه القوة المغناطيسية نحو الأعلى (حسب قاعدة اليد اليمنى) .
- ٢- إذا تساوت القوتان في المقدار، فإن القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة تساوي صفراً، فتصبح الشحنة حرة وتواصل سيرها في خط مستقيم دون انحراف داخل منطقة المجالين بسبب قصورها الذاتي.
- ٣- إذا كانت الشحنة سالبة، فإن اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها يكون للأعلى، بينما اتجاه القوة المغناطيسية يكون للأسفل.

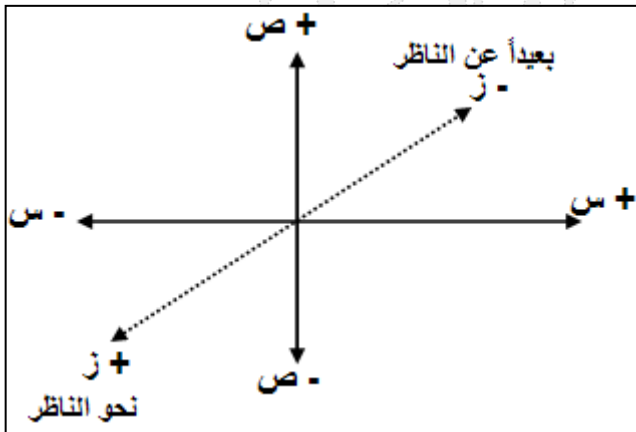
$$Q_{\text{كهربائية}} = Q_{\text{مغناطيسية}} \quad \leftarrow \quad \text{ش} = \text{م} \quad \leftarrow \quad \text{ش} = \text{م} \quad \leftarrow \quad \text{ع} = \text{ع} \quad \leftarrow \quad \text{ع} = \text{ع}$$

إذا كانت سرعة الشحنة تساوي $\left(\frac{\text{م}}{\text{ع}} \right)$ فإنها لا تنحرف .

مراجعة للإتجاهات ثلاثي الأبعاد :

⊗ بعيداً عن الناظر أو الزيني السالب

⊙ نحو الناظر أو الزيني الموجب



مثال (١) :

جسيم مشحون بشحنة مقدارها 2×10^{-16} كولوم، يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها 1×10^8 م/ث باتجاه الشرق في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.5 تسلا باتجاه الشمال، أوجد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عليه .

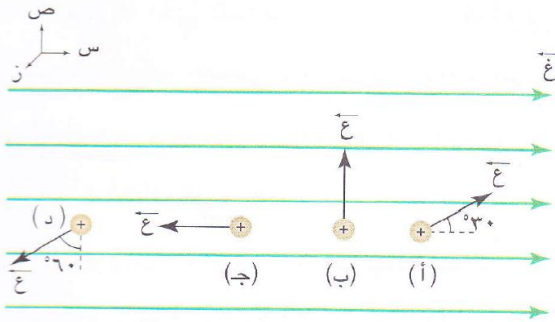
الحل :

$$F = qvB \sin \theta = 2 \times 10^{-16} \times 1 \times 10^8 \times 0.5 \times 1 = 1 \times 10^{-8} \text{ نيوتن} , \text{ نحو الناظر (خارج من الصفحة)} .$$

مثال (٢) :

جسيم شحنته (8.4) ميكروكولوم يتحرك بسرعة (45) م/ث، في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.3) تسلا باتجاه محور السينات الموجب. احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة في الحالات (أ، ب، ج، د)، المبينة في الشكل المجاور :

الحل :



$$F = qvB \sin \theta$$

(أ) :

$$F = 8.4 \times 10^{-6} \times 45 \times 0.3 \times \sin 30^\circ = 3.0 \text{ جا}$$

$$F = 6.7 \times 10^{-5} \text{ نيوتن} , \text{ بعيد عن الناظر (داخل الى الصفحة)} .$$

(ب) :

$$F = 8.4 \times 10^{-6} \times 45 \times 0.3 \times \sin 90^\circ = 9.0 \text{ جا} = 1.134 \times 10^{-4} \text{ نيوتن} , \text{ بعيد عن الناظر}$$

(ج) :

$$F = 8.4 \times 10^{-6} \times 45 \times 0.3 \times \sin 180^\circ = 0 \text{ صفر}$$

(د) :

$$F = 8.4 \times 10^{-6} \times 45 \times 0.3 \times \sin 60^\circ = 1.50 \text{ جا} = 5.67 \times 10^{-5} \text{ نيوتن} , \text{ نحو الناظر} .$$

مثال (٣):

تحركت شحنة مقدارها (١) ميكروكولوم وكتلتها (٢×١٠^{-١٠}) كغ بطاقة حركية مقدارها (٤×١٠^{-١٢}) جول نحو الشمال فأثر فيها مجال مغناطيسي مقداره (٢×١٠^{-٤}) تسلا باتجاه ٦٠ شمال الغرب، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة .

الحل:

$$ط = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-10} \times v^2 = 4 \times 10^{-12} \Rightarrow v = 2 \times 10^{-6} \text{ م/ث}$$

$$ق_{شع} = ش \times ع \times ج \theta = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-4} \times 30 = 1.2 \times 10^{-9} \text{ نيوتن}$$

$$ق_{ع} = 2 \times 10^{-10} \text{ نيوتن ، نحو الناظر}$$

مثال (٤):

تحركت شحنة موجبة مقدارها (٣×١٠^{-٧}) كولوم باتجاه الجنوب وبسرعة (١×١٠^٣) م/ث، فإذا أثر عليها مجال كهربائي (١×١٠^٣) نيوتن / كولوم نحو الشمال ومجال مغناطيسي $(٤/٣)$ تسلا عمودي على الصفحة نحو الناظر، احسب:

١- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة .

٢- القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة .

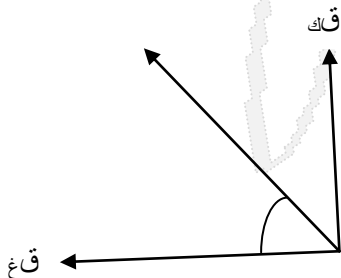
٣- قوة لورنتز .

الحل :

$$١- ق_{كهربائية} = ش \times م = 3 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^3 = 3 \times 10^{-4} \text{ نيوتن باتجاه المجال (الشحنة موجبة) نحو الشمال .}$$

$$٢- ق_{مغناطيسية} = ش \times ع \times ج \theta = 3 \times 10^{-7} \times 4/3 \times 1 \times 10^3 = 4 \times 10^{-4} \text{ نيوتن ، باتجاه الغرب .}$$

$$٣- ق_{لورنتز} = ق_{شع} + ق_{ع}$$

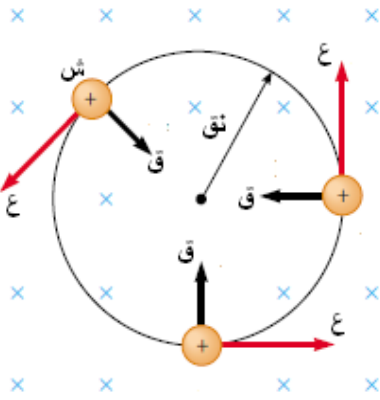


$$ق_{لورنتز} = \sqrt{(3 \times 10^{-4})^2 + (4 \times 10^{-4})^2} = 5 \times 10^{-4} \text{ نيوتن}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{ق_{شع}}{ق_{ع}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{3 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}} \right) = 36.9^\circ$$

حركة شحنة في مجال مغناطيسي منتظم

افترض أن مجالا مغناطيسيا منتظما عموديا على الصفحة بعيدا عن الناظر يؤثر في شحنة موجبة تتحرك من اليسار إلى اليمين كما في الشكل المجاور .



بما أن القوة المغناطيسية تعامد دوماً اتجاه السرعة فإن الجسم المشحون يكتسب تسارعاً ثابتاً في المقدار عمودياً دائماً على السرعة. وهذا يؤدي إلى تغير مستمر في اتجاه السرعة. وبالتالي يسلك الجسم مساراً دائرياً عند دخوله المجال المغناطيسي.

وبما أنه مساراً دائرياً لا يتم إلا بتأثير قوة مركزية

نتطبيق قانون نيوتن الثاني :

$$F_m = F_c \text{ مغناطيسية } = \text{ق مركزية}$$

وهو نصف قطر المسار الذي يسلكه
جسيم مشحون في مسار دائري

$$F_m = \frac{q v B}{r}$$

$$F_c = \frac{m v^2}{r}$$

حيث أن :

ك: كتلة الجسيم المشحون.

غ: مقدار المجال المغناطيسي المنتظم.

ش: مقدار شحنة الجسيم.

العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي منتظم:

- ١- كتلة الجسيم، التناسب طردي .
- ٢- مقدار السرعة، التناسب طردي .
- ٣- مقدار المجال المغناطيسي، التناسب عكسي.
- ٤- مقدار الشحنة، التناسب عكسي .

سؤال: علل : عند دخول شحنة كهربائية مجالا مغناطيسيا منتظما فانها تسلك مساراً دائرياً.

لان القوة المغناطيسية تعامد اتجاه السرعة ولذلك فان الجسم يكتسب تسارعاً ثابت المقدار وعمودياً دائماً مع السرعة وهذا يؤدي الى تغير مستمر في اتجاه السرعة دون تغير في المقدار وبالتالي يسلك مسار دائري .

الأستاذ أحمد مكحول

٠٧٨٨٥٥٤٧١٣

٠٧٧٩٣٧٥٧١١

مهارات الفيزياء (المستوى الثالث)

المجال المغناطيسي

الفروق بين القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية :

من حيث	القوة الكهربائية	القوة المغناطيسية
الشغل المبذول على الجسيمات المشحونة	تبذل شغلاً	لا تبذل شغلاً
استخدامها في الفاعلات النووية	لتسريع الجسيمات المشحونة بقدر كافٍ للتغلب على قوة التناثر الكهربائية لنواة الهدف	لتوجيه الجسيمات المشحونة إلى نواة الهدف حيث يؤثر المجال المغناطيسي على اتجاه سرعته فقط ولا يؤثر على مقدارها
تأثيرها على الشحنات	تؤثر على الشحنات الساكنة والمتحركة	لا تؤثر إلا على الشحنات المتحركة فقط
تأثيرها اعتماداً على اتجاه حركة الشحنات	تؤثر على الشحنات المتحركة مهما كان اتجاه حركتها	لا تؤثر على الشحنات المتحركة في المستوى الموازي لإتجاه حركتها

ملاحظة:

اتجاه القوة الكهربائية (شحنة موجبة)، يكون دائماً موازياً لاتجاه المجال الكهربائي المسبب لها، بينما يكون اتجاه القوة المغناطيسية متعامداً دائماً مع اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لها.

سؤال:

أدخل بروتون وإلكترون لهما السرعة نفسها إلى مجال مغناطيسي منتظم عمودياً على المجال، هل يختلف نصف قطر المسار لهما ؟

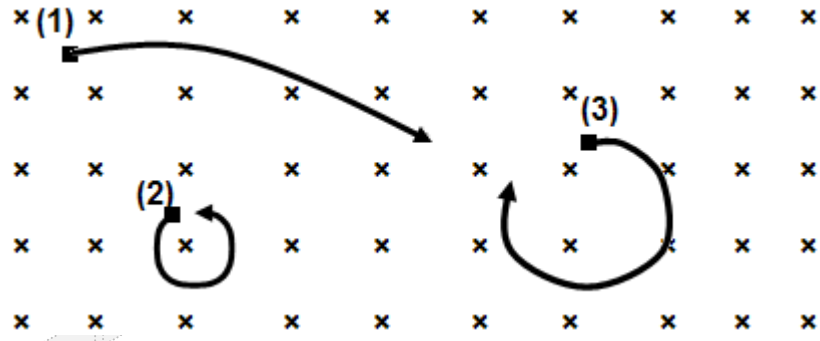
الحل:

ان كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة البروتون ولذلك فان القوة المغناطيسية سوف تغير سرعة الإلكترون بشكل اسهل من البروتون وبالتالي يكون نصف قطر الإلكترون أصغر . (لهما نفس الشحنة والسرعة والمجال) .

$$(\text{نق} = \frac{ك ع}{ش غ})$$

مثال (٥): أدخلت ثلاث جسيمات متماثلة الشحنة والكتلة وتتحرك بسرعات متفاوتة إلى مجال مغناطيسي منتظم فتحركت كما في الشكل المجاور. رتب سرعتها تصاعدياً وبين نوع كل شحنة.

الحل:



$$(\text{نق} = \frac{\text{ك ع}}{\text{ش غ}})$$

لتحديد نوع الشحنة الموجبة يجب أن تكون القوة المغناطيسية باتجاه المركز (لباطن اليد اليمنى):

(١) - سالبة، أسرع ما يمكن (٢) - موجبة، أبطأ ما يمكن (٣) - سالبة، متوسطة

مثال (٦): دخل بروتون بسرعة 10° م/ث نحو الشرق، مجال مغناطيسي منتظم شدته 0.1 تسلا نحو الجنوب أوجد:

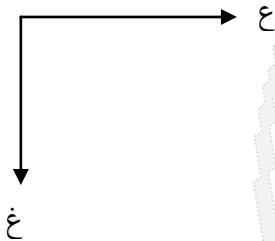
١- مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على البروتون .

٢- نصف قطر مسار البروتون .

الحل :

$$1 - \text{ق} = \text{ش ع غ جا } \theta \leftarrow \text{ق} = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^\circ \times 0.1 \times \text{جا } 90^\circ$$

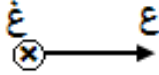
$$\text{ق} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ نيوتن } \otimes \text{ أو باتجاه الزيني السالب .}$$



$$2 - \text{نق} = \frac{\text{ك ع}}{\text{ش غ}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^\circ \times 1.67}{0.1 \times 10^{-19} \times 1.6} = 0.01 \text{ م}$$

مسائل :

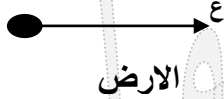
- ١- جسم كتلته (1×10^{-1}) كغم وشحنته موجبة مقدارها (1×10^{-2}) كولوم (يتحرك نحو (+) بسرعة ١ $\times 10^4$ م/ث دخل مجالا مغناطيسيا مقدار ١,٠ تسلا. كما في الشكل:



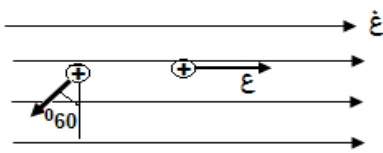
أ- احسب مقداره اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسم.

ب- نصف قطر مسار الجسم.

- ٢- يدخل بروتون مجال مغناطيسي شدته $(1,7)$ تسلا بسرعة (6×10^6) م/ث فإذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة على البرتون لحظة دخوله المجال $1,6 \times 10^{-13}$ نيوتن ما هي الزاوية التي دخل الجسم بها.



- ٢- جسم كتلته (4 غم) ومشحون بشحنة مقدارها (3×10^{-6}) كولوم يسير بسرعة مقدارها (4×10^4) م/ث لليمين. اوجد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي العمودي اللازم حتى لا يسقط الجسم على الأرض؟



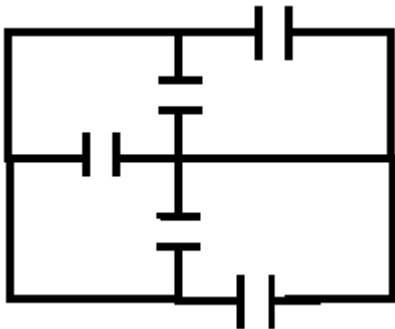
- ٤- جسم شحنته ٣ نانوكولوم يتحرك بسرعة ١٠٠ م/ث في مجال مغناطيسي منتظم مقداره ٠,٤ تسلا باتجاه محور السينات الموجب. احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في كل من الحالتين كما هو موضح في الشكل المجاور.

- ٥- تحركت شحنة موجبة مقدارها 3×10^{-1} كولوم باتجاه الجنوب وبسرعة 10^3 م/ث فإذا أثر عليه مجال كهربائي منتظم مقداره 10^3 (نيوتن/كولوم) نحو الشمال، ومجال مغناطيسي $(0,75 \text{ تسلا})$ عمودي على الصفحة نحو الناظر، احسب:

١- القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة.

٢- القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنة. ٣- قوة لونتز.

- ٦- يبين الشكل المجاور المنظر العلوي لأربع غرف لشحنة موجبة أطلقت من الغرفة الأولى وتأثرت في مجال مغناطيسي حتى وصلت الغرفة الرابعة أوجد :



(١) اتجاه المجال في كل غرفة

(٢) ماذا يحدث لسرعة الشحنة عند الغرفة الرابعة

القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يسري فيه تيار

عند وضع سلك يحمل تيار في مجال مغناطيسي يتأثر بقوة مغناطيسية الناتجة عن القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة على الشحنات التي تحركت داخل الموصل وتسببت في توليد التيار الكهربائي.

قوة على السلك = القوة المغناطيسية على كل شحنة × عدد الشحنات

$$Q = (ش \times غ \text{ جا } \theta) \times N$$

$$= (ش \times غ \text{ جا } \theta) \times N \times \text{الحجم}$$

$$= ش \times غ \text{ جا } \theta \times N \times A \times L$$

$$Q = I \times L \times غ \text{ جا } \theta$$

حيث أن:

ق: القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يسري به تيار كهربائي

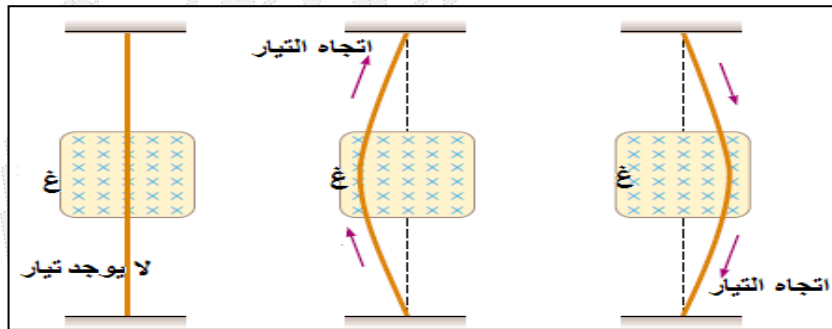
(نيوتن). ل: طول السلك (م)

ت: شدة التيار المستمر (أمبير).

θ : الزاوية بين اتجاه التيار (وحدة الطول) واتجاه المجال المغناطيسي.

تستخدم قاعدة اليد اليمنى :

لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية فإذا كان الإبهام يدل على اتجاه التيار الاصطلاحي وامتداد الأصابع على المجال المغناطيسي فإن العمودي على باطن اليد يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية.



الشكل في الأعلى بين الأثر الفيزيائي الذي يسببه تعرض سلك يسري به تيار كهربائي لمجال مغناطيسي، ففي الحالة الأولى لا توجد قوى مغناطيسية مؤثرة على السلك، لأنه لا يسري به تيار كهربائي على الرغم من حركة الشحنات الكهربائية العشوائية داخل السلك ففي هذه الحالة تكون محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة على هذه الشحنات صفر.

أما في الحالتين التاليتين تنشأ قوة مغناطيسية على السلك الكهربائي نتيجة لسريان تيار كهربائي في هذا السلك حيث أنه عند سريان تيار كهربائي في السلك تتساق الشحنات الموجبة مع اتجاه المجال الكهربائي المؤثر داخل السلك لتكوين التيار الكهربائي ويكون اتجاه سرعة هذه الشحنات موازية لطول السلك وبما أن القوة المغناطيسية تكون عمودية دائماً على اتجاه حركة الشحنات فسيؤثر طول السلك الناقل لهذه الشحنات المنساقة بقوة عمودية تعمل على إزاحته جانبياً من مكانه باتجاهها كما واضح في الشكل سابقاً.

سؤال: فسر منشأ القوة المغناطيسية المؤثرة فس سلك يسري فيه تيار ؟

الحل:

ان التيار الكهربائي هو شحنات متحركة وان المجال المغناطيسي سوف يؤثر في الشحنة المتحركة، اذن سوف يؤثر المجال المغناطيسي في السلك الذي يسري فيه تيار بقوة محصلة القوى المؤثرة في الشحنات .

• هي العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري به تيار كهربائي:

- ١- التيار الكهربائي .
- ٢- المجال المغناطيسي .
- ٣- طول السلك .
- ٤- الزاوية بين اتجاه التيار واتجاه المجال المغناطيسي .

مثال (٧): مجال مغناطيسي منتظم (٤ تسلا) واتجاهه نحو الشرق وضع فيه سلك طوله ٢٠سم يسري فيه تيار كهربائي شدته ٢٠ أمبير احسب القوة المغناطيسية في الحالات التالية :

(١) - إذا كان اتجاه التيار نحو الجنوب

$$Q = t l \sin \theta = 20 \times 20 \times 10^{-2} \times 4 \times \sin 90^\circ = 16 \text{ نيوتن} \odot$$

(٢) إذا كان اتجاه التيار نحو الشمال

$$Q = t l \sin \theta = 16 = 0 \text{ نيوتن} \otimes$$

(٣) إذا كان اتجاه التيار نحو الغرب، $Q = 0$ صفر، حيث $\theta = 180^\circ$

(٤) إذا كان التيار نحو الشرق $Q = 0$ صفر، حيث $\theta = 0^\circ$

مثال (٨): أ ب ج د دائرة كهربائية فيها بطارية تعطى ٣ أمبير، وموضوعة في مجال مغناطيسي مقداره (٣,٠ تسلا) إذا علمت أن الضلع أ ب قابل للحركة وعندما سرى في الدارة تيار تحرك نحو اليسار.

أوجد :

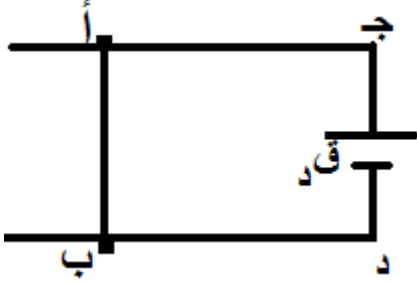
أ- القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك أ ب لكل وحدة طول.

ب- حدد اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر على السلك أ ب.

الحل:

$$أ- \frac{Q}{J} = T \times G \text{ جا } \theta = 3 \times 0.3 \times 1 = 0.9 \text{ نيوتن / م}$$

ب- داخل الصفحة (بعيد عن الناظر) .

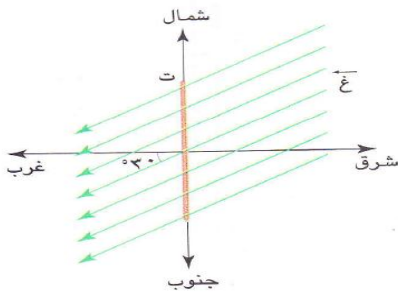


مثال (٨): سلك مستقيم طوله (٢٠) سم، يسري فيه تيار مقداره (٤) أمبير باتجاه الشمال، أثر فيه مجال مغناطيسي مقداره (٦) تسلا باتجاه جنوب الغرب، كما في الشكل المجاور احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك .

الحل :

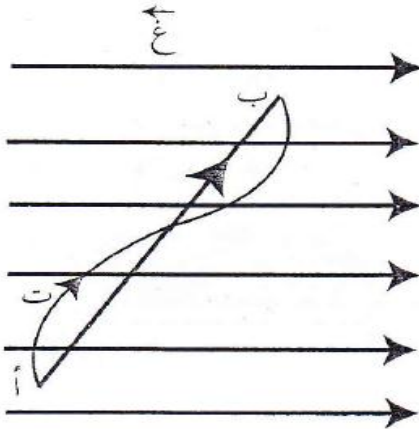
$$Q = T \times L \times G \text{ جا } \theta = 4 \times 20 \times 6 \times 1 = 480 \text{ نيوتن}$$

ق = ٤.١٦ نيوتن ، نحو الناظر

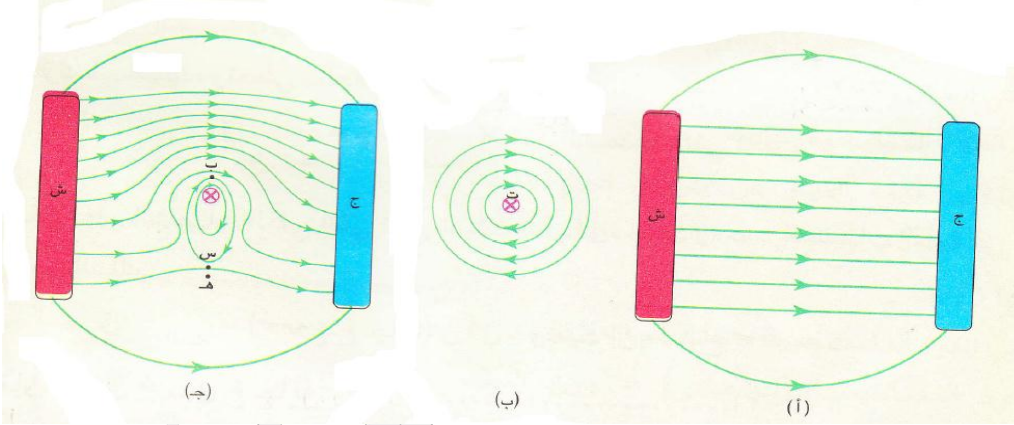


ملاحظة :

القوة المغناطيسية المؤثرة في أي سلك منحني ويحمل تيار وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم تساوي القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك مستقيم يصل بين نقطتي البداية والنهاية للسلك المنحني ويحمل التيار نفسه ، كما في الشكل المجاور .



مثال (٩): يبين الشكل المجاور تخطيط المجال المغناطيسي بين قطبي مغناطيسين مختلفين، الشكل (أ)، ولسلك يسري فيه تيار كهربائي، الشكل (ب)، ولسلك يسري فيه تيار وموضوع في مجال مغناطيسي، الشكل (ج) .
أجب عن الاسئلة الاتية :

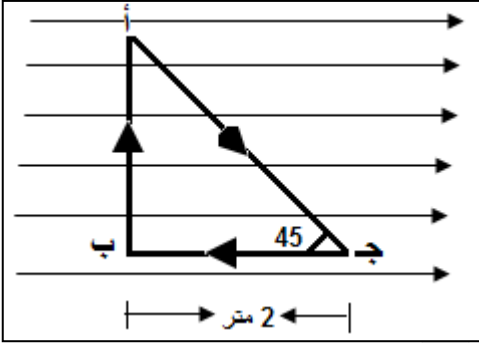


- ١- صف شكل المجال المغناطيسي في كل من الشكلين (أ) و (ب).
- ٢- عند وضع السلك الذي يسري فيه التيار في المجال المغناطيسي، ماذا حدث لخطوط المجال المغناطيسي ؟ ألا يدل ذلك على وجود قوة تؤثر في السلك ؟
- ٣- صف المجال عند النقاط (ب، هـ) . (على اعتبار أن المجال الناتج هو مجال محصل لكل من المجال ومجال السلك) .
- ٤- ما اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك؟

الحل:

- ١- الشكل (أ) : المجال منتظم لان شكل خطوط المجال المغناطيسي مستقيمة خارجة من الشمالي الى الجنوبي. الشكل (ب): دوائر عمودية على السلك متحدة المركز، مركز كل منها السلك نفسه، وتقع في مستوى متعامد مع السلك .
- ٢- حدث انحناء في خطوط المجال المغناطيسي، بحيث أصبحت كثافتها في منطقة ما أكبر من كثافتها في منطقة أخرى وهذا يدل على وجود قوة تؤثر في السلك مصدرها المجال المغناطيسي المنتظم .
- ٣- عند (ب) : يجمع المجالان فيكون القدار كبير ، عند (هـ) : يكون حاصل الفرق بين المجالين يكون قليل .
- ٤- اتجاه القوة نحو الاسفل (- ص) .

مثال (١٠): مجال مغناطيسي منتظم مقداره ١.٨ تسلا نحو اليمين وضع فيه سلك مثلث الشكل مستواه مواز للمجال



كما في الشكل . مر فيه تيار كهربائي مقداره ٤,٧ أمبير .

- (١) احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في كل ضلع
- (٢) ما القوة المحصلة المؤثرة في السلك ؟ هل يتزن السلك ؟
- (٣) صف حركة المثلث .

الحل:

(١) نحسب أولاً القوة المؤثرة على الضلع (أ ب)

$$Q = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta$$

$$= 4.7 \times 2 \times 1.8 \times \sin 90^\circ = 16.92 \text{ نيوتن} \quad \odot$$

القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلع (ج ب)

$$Q = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta$$

$$= 4.7 \times 2 \times 1.8 \times \sin 0^\circ = 0 \text{ صفر}$$

القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلع (أ ج)

$$Q = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \theta$$

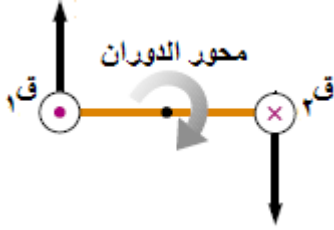
$$= 4.7 \times \sqrt{2} \times 1.8 \times \sin 45^\circ = 16.92 \text{ نيوتن} \quad \odot$$

(٢) القوة المحصلة على السلك تساوي صفر، ولكنه غير متزن.

(٣) يتحرك السلك حركة دورانية لأن كل من الضلعين (أ ب) و (أ ج) يتأثران بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه ويوجد بينهما بعد عمودي (خطي عملهما ليس واحداً) وبالتالي يتولد عزم ازدواج.

* العزم المؤثر في ملف يمر فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم :

الازدواج: هو الأثر الدوراني لقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه. وخط عملها ليس واحد.



- أي سلك موصل يسري به تيار كهربائي في مسار مغلق يسمى عروة (Loop)

لتوضيح المفهوم نأخذ رسمة مبسطة الملف أ ب ج د

حيث أ ب = د ج = ف، أ د = ب ج = ل موضوع في مجال مغناطيسي شدته

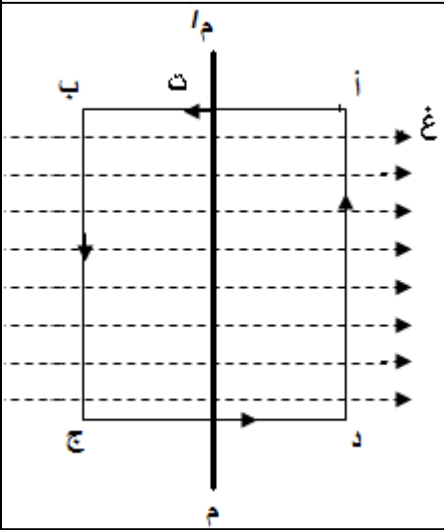
(غ) يتجه من القطب الشمالي إلى الجنوبي نحو اليمين

الضلع (أ ب) لا يتأثر بقوة مغناطيسية

$$ق = ت \times ل \times ا ب \times غ \times ج ا \theta \text{ ، لكن } \theta = 0 \text{ صفر، وبالتالي } ق ا ب = \text{ صفر}$$

الضلع (ج د) لا يتأثر بقوة مغناطيسية

$$ق = ت \times ل \times ج د \times غ \times ج ا \theta \text{ ، لكن } \theta = 180^\circ \text{ ، وبالتالي } ق ج د = \text{ صفر}$$



الضلع (أ د) يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها

$$ق = ت \times ل \times ا د \times غ \times ج ا \theta \text{ لكن } \theta = 90^\circ \text{ } \leftarrow ق ا د = ت \times ل \times ا د \times غ \times \otimes$$

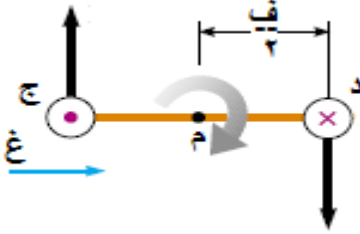
الضلع (ب ج) يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها

$$ق = ت \times ل \times ب ج \times غ \times ج ا \theta \text{ لكن } \theta = 90^\circ \text{ } \leftarrow ق ب ج = ت \times ل \times ب ج \times غ \times \odot$$

ولتوضيح المفهوم نفترض أن المستطيل معلق بحيث يكون قابل للدوران حول المحور م م .

إذا تخيلت أنك تنظر إلى السلك من النقطة م .

ق ا د = ق ب ج ومتعاكستان في الاتجاه ويوجد بينهما بعد عمودي وهو ف إذن يوجد عزم دوراني .



عزم الازدواج = إحدى القوتين $\times$ البعد العمودي بينهما

وحدة القياس = نيوتن.متر

عزم الإزدواج = (ت ل غ) $\times$ ف

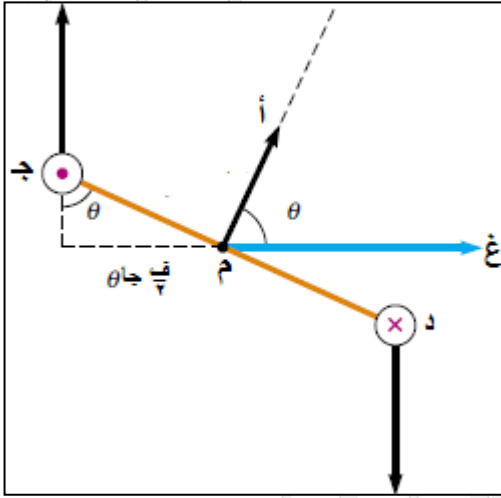
لكن ل $\times$ ف تمثل مساحة الملف أ واتجاهه عمودي على مستوى الملف

عزم الازدواج = ت غ أ

ولعدة لفات (ن لفه) تكون قيمة التيار المارة في السلك (ن ت)

عزم الازدواج = ن ت غ أ

لنفترض الآن أن الملف دار حول المحور (م م) ، ليميل مستوى الملف بزاوية معينة عن خطوط المجال المغناطيسي. كما هو موضح في الشكل المجاور .



عزم الازدواج = إحدى القوتين $\times$ البعد العمودي بينهما

قأ د = ق ب ج ومتعاكستان في الاتجاه ويوجد بينهما بعد عمودي

وهو ف جا θ (خطي عملهما غير منطبقين) إذن يوجد عزم دوراني

عزم الإزدواج = ت غ أ جا θ

ولعدة لفات (ن لفه) تكون قيمة التيار (ن ت)

عزم الازدواج = ن ت غ أ جا θ

حيث θ = الزاوية بين المجال المغناطيسي والعمودي على مستوى الملف

ملاحظات مهمة جداً:

١- القوة المؤثرة في الضلعين (أب) و (ج د) متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهاً، لذا فإن محصلتهما تساوي صفراً ولا تشكلان إزدواجاً وبالتالي لا يكون لهما أثر دوراني في الملف في أي لحظة زمنية.

٢- يبلغ عزم الازدواج قيمته العظمى $\theta = 90^\circ$ أي عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي موازية لمستوى الملف (أو أن تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية على العمودي لمستوى الملف)

٣- ينعدم عزم الإزدواج في اللحظة التي يكون فيها خطي عمل القوتين المؤثرتين في الضلعين (أ د) و (ب ج) واحد وفي نفس مستوى الملف.

٤- قيمة عزم الإزدواج تتغير حسب الزاوية التي تصنعها خطوط المجال المغناطيسي مع اتجاه العمودي على المساحة. وبالتالي يتغير عزم الإزدواج بشكل دوري (حسب علاقة الإقتران الجيبي).

مثال (١١): ملف دائري مساحته (2×10^{-3}) م^٢، وعدد لفاته (٥٠٠) لفة ويمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤) أمبير ومغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠.٥) تسلا وقايل للدوران حول محور ينطبق على مستواه ويمر بمركزه وعمودياً على المجال، احسب عزم الازدواج المؤثر في الملف عندما تكون الزاوية بين المجال المغناطيسي ومستوى الملف (٣٠) .

الحل :

$$\text{عزم الازدواج} = \tau = N \times I \times A \times \sin \theta = 4 \times 4 \times 2 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 1 = 1.6 \text{ نيوتن} \cdot \text{م}$$

مثال (١٢): يستقر ملف مكون ٣٠٠ لفة على سطح طاولة مساحتها ٣٠٠ سم^٢ يسري في هذا الملف تيار مقداره ٣ أمبير. وتأثر هذا الملف بمجال مغناطيسي مقدار ٠,٣ تسلا احسب عزم الازدواج في الحالات التالية:

١- تكون خطوط المجال موازية لسطح الطاولة؟

$$\text{يكون في هذه الحالة عزم الازدواج أكبر ما يمكن} \quad \text{عزم الازدواج} = N \times I \times A \times \sin \theta = 300 \times 3 \times 0.3 \times 300 \times 10^{-4} \times 1 = 8.1 \text{ نيوتن} \cdot \text{م}$$

٢- تكون خطوط المجال موازية للعمودي على سطح الطاولة؟

عزم الازدواج = صفر

٣- تكون خطوط المجال مائلة بزاوية ٣٠° عن سطح الطاولة؟

$$\text{عزم الازدواج} = N \times I \times A \times \sin \theta = 300 \times 3 \times 0.3 \times 300 \times 10^{-4} \times \sin 30^\circ = 4.05 \text{ نيوتن} \cdot \text{م}$$

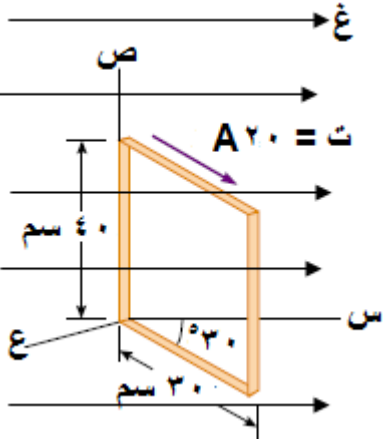
مثال (١٣): سلك طوله (ل) يرد عمل ملف منه. أيهما سيحدث عزم ازدواج أكبر. إذا عمل على شكل لفة مربعة واحدة أم على شكل لفتين مربعيتين ؟

$$\text{للفة الواحدة} \quad N=1 \quad \text{عزم الازدواج} = N \times I \times A \times \sin \theta = 1 \times I \times \frac{L^2}{4} \times 1 = \frac{I L^2}{4}$$

$$\text{للفتين} \quad N=2 \quad \text{عزم الازدواج} = N \times I \times A \times \sin \theta = 2 \times I \times \frac{L^2}{8} \times 1 = \frac{I L^2}{4}$$

اذن يكون عزم الازدواج الناشئ من لفة واحد أكبر من عزم الازدواج الناشئ من لفتين .

مثال (١٤): يمثل الشكل المجاور سلكاً على شكل مستطيل مكون من ١٠٠ لفة ويحمل تياراً مقداره ٢٠ أمبير، سُلِّط عليه مجالاً مغناطيسياً مقداره ٢ تسلا باتجاه محور السينات الموجب، إذا كان السلك حر الحركة حول محور الصادات الموجب فجد:



- أ - عزم الإزدواج المؤثر في الملف عندما يصنع الملف زاوية 30° مع محور السينات الموجب .
 ب- هل ستزداد الزاوية أم ستقل ؟
 ج - عند أي لحظة ينعدم عزم الإزدواج؟
 د- هل تتوقف حركة الملف عند اللحظة التي ينعدم فيها عزم الإزدواج؟
 فسر ذلك .
 الحل :

- أ- عزم الازدواج = ت أن غ جا $\theta = 20 \times (10^{-1} \times 40 \times 10^{-2} \times 100 \times 2) \times \sin 30^\circ = 60 \text{ جا } \theta$
 عزم الازدواج = $415.7 \text{ نيوتن} \cdot \text{م}$
 ب- سوف تزداد الزاوية .
 ج- ينعدم عزم الازدواج عندما يكون الملف معامداً لخطوط المجال ($\theta = 0^\circ$ أو 180°) .
 د- لا يتوقف بل يكمل حركته بفعل القصور الذاتي .

مثال (١٥): في الفقرتين التاليتين ضع دائرة حول رمز الفقرة التي تدل على الإجابة الصحيحة:

- ١- إذا مر تيار كهربائي في ملف موضوع في مجال مغناطيسي فإن عزم الإزدواج المؤثر الذي يدير الملف يبلغ قيمته العظمى عندما يكون العمودي على مستوى الملف:

- (أ) عمودياً على المجال المغناطيسي
 (ب) موازياً للمجال المغناطيسي
 (ج) مائلاً عن المجال بزاوية 30°
 (د) مائلاً عن المجال بزاوية 45°

- ٢- إذا مر تيار كهربائي في ملف موضوع في مجال مغناطيسي فإن عزم الإزدواج المؤثر الذي يدير الملف يبلغ نصف قيمته العظمى عندما يكون مستوى الملف :

- (أ) عمودياً على المجال المغناطيسي
 (ب) موازياً للمجال المغناطيسي
 (ج) مائلاً عن المجال بزاوية 30°
 (د) مائلاً عن المجال بزاوية 60°

المحرك الكهربائي

تركيبه:

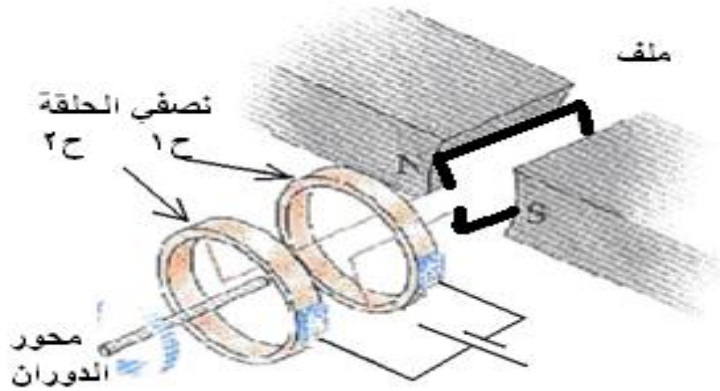
أ. ملف مستطيل مكون من سلك نحاسي ملفوف حول قلب من الحديد المطاوع وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم ويكون هذا الملف قابل للدوران.

ب. نصفي الحلقة (العاكس) (ح ١، ح ٢): تقوم بعكس اتجاه التيار كل نصف لفة حتى يحافظ على اتجاه عزم الازدواج.

ج. الفرشتان: (ف ١، ف ٢) تشكلان مدخلا ومخرجا للتيار

أساس مبدأ عمل المحرك الكهربائي هو عزم الازدواج المؤثر فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم. يكون عزم الازدواج في قيمته العظمى في اللحظة التي يكون فيها العمودي على الملف عمودياً على خطوط المجال (أو خطوط المجال موازية لسطح الملف)

وينعدم عزم الازدواج في اللحظة التي يكون فيها العمودي على الملف موازياً لخطوط المجال المغناطيسي . ومع ذلك عندما يمرور التيار الكهربائي وفي هذه اللحظة نفقد الفرشتان اتصالهما مع العاكس (المبدل) فيتوقف التيار في الملف ومع ذلك يستمر الملف في دورانه بسبب قصوره الذاتي.



وبعد أن يتجاوز الملف هذا الوضع يعود التماس بين الفرشتين والمبدل، ويكون نصف الحلقة ح ١، ح ٢ قد تبادلا المواقع فينعكس التيار في كل منها. وتنعكس القوة المغناطيسية المؤثرة فيهما وبالتالي يبقى عزم الازدواج بالاتجاه نفسه ويستمر الملف في دورانه بالاتجاه نفسه رغم انعكاسه.

من الأجهزة الكهربائية التي تعتبر مثلاً تطبيقاً للمحرك الكهربائي (الغسالة والمروحة).

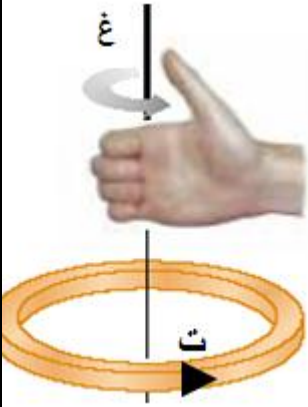
مسائل

- ١- سلك طوله ٤٠ سم وضع منطبق على الصفحة، يحمل تيار مقداره ٢ أمبير نحو +س وتعرض لمجال مغناطيسي شدته ٠.٥ تسلا ويعمل نحو +ز احسب القوة المؤثرة على السلك .
- ٢- أثبت أن القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في حلقة مغلقة مستطيلة الشكل تحمل تيار وموضوعة في مجال مغناطيسي منتظم تساوي صفراً .
- ٣- سلك طوله ٥٠ سم وكتلته ٥٠٠ غم ، معلق لأسفل بواسطة زنبركين من طرفيه في غرفة مجال مغناطيسي شدته ١ تسلا باتجاه الشمال أوجد مقدار واتجاه التيار اللازم مروره في السلك ليبقى متزن .
- ٤- ملف دائري قطره (١٠) سم ويحمل تياراً مقداره (٥) أمبير ، وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٣) ملي تسلا، جد القيمة العظمى لعزم الازدواج المؤثر في الملف .
- ٥- ملف دائري عدد لفاته ١٠ لفات قطره ١٠ سم يسري به تيار شدته ٢ أمبير اثر عليه بمجال مغناطيسي ٠.٣ تسلا احسب عزم الازدواج المؤثر على الملف إذا كان المجال:
 - ١- عمودي على الملف .
 - ٢- موازي للملف .
 - ٣- يصنع زاوية ٦٠ مع مستوى الملف .
- ٦- اختر الاجابة الصحيحة في ما يأتي :
 - ١- لحظة ملاسة الفرشنتين للمادة العازلة بين العاكس في المحرك الكهربائي، يكون العمودي على ملفه موازياً لخطوط المجال المغناطيسي فينعدم عزم الازدواج المسؤول عن دوران الملف الا أنه يستمر في دورانه بسبب:
 - (أ) انعدام التيار الكهربائي
 - (ب) القصور الذاتي
 - (ج) العاكس
 - (د) انعدام المجال المغناطيسي
 - ٢- ان عزم الازواج المؤثر في ملف موضوع في مجال مغناطيسي ويسري فيه تيار كهربائي يشكل مبدأ عمل:
 - (أ) المحرك الكهربائي
 - (ب) المولد الكهربائي
 - (ج) المواسع الكهربائي
 - (د) المحول الكهربائي

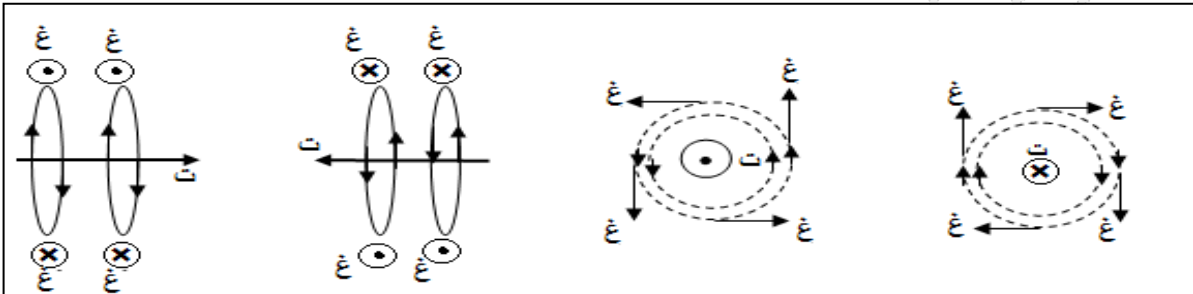
مصادر المجال المغناطيسي

- اكتشف العالم الدنماركي اورستد من خلال تجاربه أن أهم مصادر المجال المغناطيسي هو التيار الكهربائي.

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى: بحيث أنه إذا أشار الإبهام إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فإن انحناء الأصابع يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي .



- ويمكن توضيح خطوط المجال المغناطيسي الناشئة عن سلك يسري فيه تيار كهربائي كما في الشكل أدناه وكيفية تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة كما تعلمنا عند دراستنا لخصائص خطوط المجال المغناطيسي أن اتجاه المماس لخطوط المجال المغناطيسي عند كل نقطة يدل على اتجاه المجال عند تلك النقطة

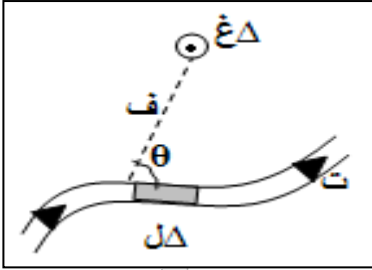


الشكل يمثل توضيح لخطوط المجال المغناطيسي الناشئة عن سلك يري به تيار كهربائي

كما نلاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي المحيط بالسلك الحامل للتيار تختلف كثيراً عن خطوط المجال المغناطيسي المحيط بمغناطيس طبيعي ساكن. فخطوط المجال المغناطيسي الناشئة عن التيار الكهربائي الذي يسري في سلك تكون على شكل دوائر مركزها السلك كما هو موضح في الشكل أعلاه .

قانون بيو-سافار :

يهتم هذا القانون في حساب المجال المغناطيسي الناتج في نقاط عدة بسبب مرور التيار الكهربائي في أسلاك موصلة.



- قام العالمان بيوت وسافارت (Boit-Savart) بإجراء عدة تجارب لإيجاد الصيغة الرياضية التي تمكننا من حساب شدة المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي حيث لاحظ العالمان أن المجال المغناطيسي الناشئ من سلك يسري فيه تيار عند نقطة تبعد مسافة ف عن الموصل كما في الشكل يعتمد على:

١. طردياً مع قيمته التيار ت (أي أن $\Delta \text{ غ} \propto \alpha \text{ ت}$).

٢. عكسياً مع مربع المسافة (ف^٢)

حيث ف: المسافة بين عنصر الطول ل والنقطة المراد حساب المجال عندها.

٣. يعتمد على نوع مادة الوسط الموجودة فيه.

μ : النفاذية المغناطيسية في الفراغ $= \epsilon \pi \times 10^{-7}$ ويبر/ أمبير.م

٤. جيب الزاوية بين اتجاه (Δل) مع التيار و اتجاه (ف) جاθ.

٥. يكون المتجه Δ غ عمودياً على كل من اتجاه Δل و ف

قانون بيو
سافار

$$\Delta \text{ غ} = \frac{\mu \cdot \text{ت} \cdot \Delta \text{ل} \cdot \text{جا} \theta}{\pi \text{ ف}^2}$$

حيث:

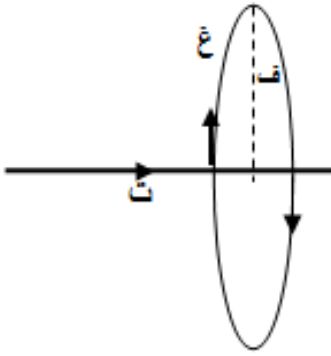
- ت: شدة التيار المار في الموصل.
- Δل: وحدة الطول من السلك الذي يسري به التيار
- ف: الإزاحة من العنصر Δل إلى النقطة المراد حساب المجال عندها.
- θ: الزاوية المحصورة بين اتجاه Δل (أو اتجاه التيار) واتجاه الإزاحة ف.
- μ : النفاذية المغناطيسية للوسط الفاصل.

ملاحظات :

١- ينعدم المجال المغناطيسي عند النقاط المراد حساب المجال المغناطيسي عندها، عندما تكون النقطة واقعة عند اتجاه تدفق التيار الكهربائي ($\theta = 0$ صفر) أو تكون نقطة خلفها التيار الكهربائي ورائه ($\theta = 180^\circ$)

٢- لحساب المجال المغناطيسي نقوم بحساب المجال عن طريق التكاملات الرياضية وهذا غير مطلوب سوى ذكرنا، لكن في بعض الأسلاك المنتظمة المطلوبة في هذه المرحلة نستغني عن ذلك بعمليات رياضية سهلة جداً .

المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك مستقيم طويل



بعد إجراء عملية التكامل في قانون بيو سافار نحصل على العلاقة التي تعطي قيمة المجال المغناطيسي الناتج عن سلك يسري تيار كهربائي عند مجموع النقاط التي تبعد مسافة r عن محور السلك.

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r}$$

حيث: $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ ويبر/ أمبير.م

ونلاحظ من هنا أن مجموعة النقاط التي تبعد مسافة r عمودية على محور السلك لها نفس قيمة المجال المغناطيسي

- شدة المجال المغناطيسي الناتج عن سلك لا نهائي الطول يحمل تياراً شدته I في نقطة ما تبعد مسافة r عنه تتناسب طردياً مع شدة التيار وعكسياً مع المسافة r .



مميزات خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم :

- ١- تكون خطوط المجال المغناطيسي على شكل حلقات متحدة في المركز (محور السلك).
- ٢- تكون هذه الدوائر مركبة في مستويات عمودية على السلك (أول اتجاه التيار).

٣- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على دائرة خط المجال المغناطيسي يكون باتجاه المماس عند تلك النقطة

مثال (١٦) : يبين الشكل المجاور سلكين معزولين طويلين جداً مستقيمين متعامدين في مستوى الصفحة، كل منهما يحمل تياراً مقداره (٨) أمبير. بالاستعانة بالقيم الموجودة على الشكل، جد مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه عند كل من النقطتين (أ) و (ب).

الحل :

عند النقطة (أ):

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot r_1} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot 0.4} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، بعيد عن الناظر .}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot r_2} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot 0.2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، نحو الناظر}$$

$$\text{محصلة} = B_2 - B_1 = 8 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، نحو الناظر}$$

عند النقطة (ب):

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot r_1} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot 0.4} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، بعيد عن الناظر}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot r_2} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot 0.2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، بعيد عن الناظر}$$

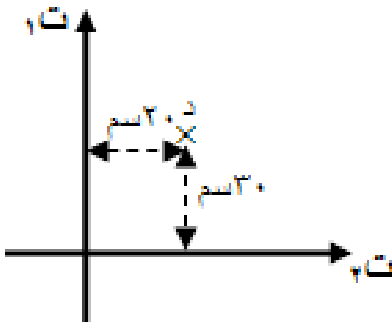
$$\text{محصلة} = B_1 + B_2 = 4 \cdot 10^{-6} + 8 \cdot 10^{-6} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ تسلا ، بعيد عن الناظر}$$

مثال (١٧): في الشكل، اذا كان السلك الأول يسري به تيار مقداره I_1 (٤ أمبير). و السلك الثاني مقداره I_2 (٦ أمبير). أوجد:

- المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة د .

- القوة المغناطيسية المؤثرة على بروتون يتحرك نحو الشمال

بسرعة ٣٠٠ كم/ ساعة لحظة مروره بالنقطة د.



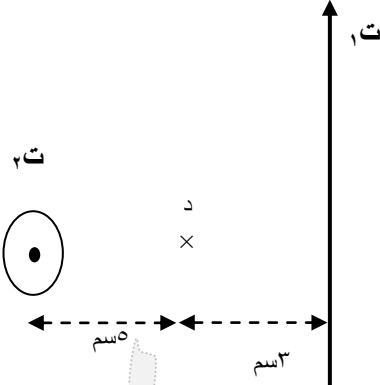
مثال (١٨): الشكل يمثل سلكين، الأول يسري فيه تيار مقداره (٣ أمبير) باتجاه الشمال والثاني فيه تيار مقداره (١ أمبير) بالاتجاه الخارج من مستوى الورقة. اوجد:

- مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (د).

- القوة المغناطيسية المؤثرة في الكتلون يمر بالنقطة (د) نحو الشمال

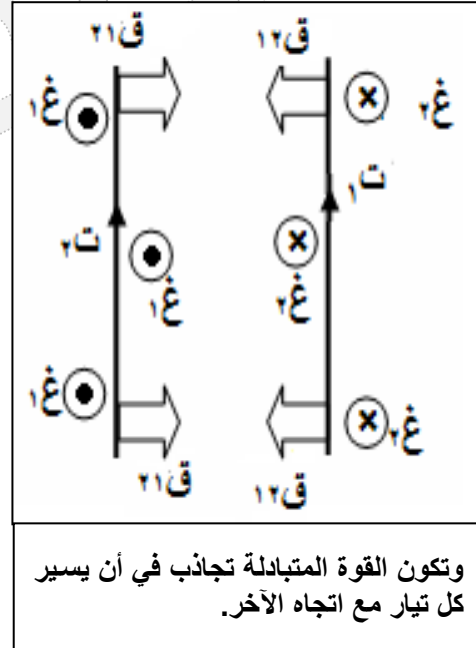
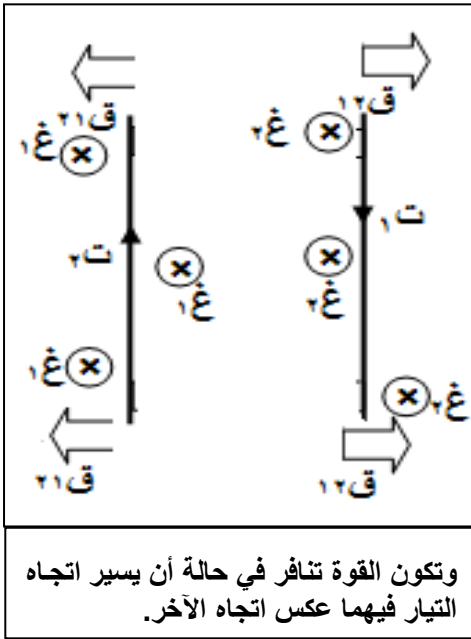
بسرعة ٦٠٠ م/ث.

الحل:



القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين في مستوى واحد يسري فيهما تيار :

إذا وضع سلكان يحمل كل منهما تيار في مستوى واحد بحيث تكون الزاوية بين امتدادهما (صفر) أو (١٨٠°) بحيث يولد كل منهما مجال مغناطيسي يؤثر على الآخرة بقوة مغناطيسية متبادلة.



وحسب قانون نيوتن الثالث " الفعل ورد الفعل " فإن $I_1 = I_2$

ويمكن اشتقاق العلاقة بأحد القوتين والتعويض على النحو التالي :

$$F_1 = I_1 \times L \times B_2 = I_1 \times L \times \mu_0 \frac{I_2}{2\pi r}$$

غ١: المجال الناتج عن التيار الأول ويكون مقداره

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

$$F_1 = I_1 \times L \times \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

$$F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r}$$

وبما أن السلكان لا نهائيا الأطوال ويمكن حساب القوة المؤثرة لكل وحدة طول

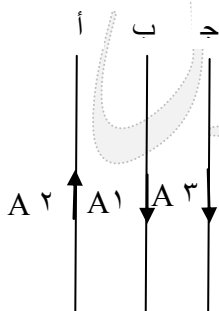
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \quad (\text{نيوتن/م})$$

٢- المسافة الفاصلة بين السلكين. (تناسب عكسي) (مع الإنتباه إلى انه لا يمثل صورة لقانون التربيع العكسي).

هو التيار الذي إذا سري في سلكين مستقيمين لا نهائيين متوازيين ويقعان في مستوى واحد وتبعد بينهما مسافة ١متر في الفراغ كانت القوة المتبادلة بين السلكين 2×10^{-7} (نيوتن/متر).

مثال (١٩): في الشكل المجاور ثلاثة اسلاك مستقيمة لانهاية الطول يسري في كل منها تيار كهربائي. بالاستعانة بالبيانات المدونة على الشكل، احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة أطوال السلك (ب).

الحل:



$$\frac{\mu_{\text{ت، ت، ت}}}{\pi^2 \text{ ف}} = \frac{\text{ق}}{\text{ل}}$$

$$\frac{Q}{L} = \frac{\mu \cdot \Delta T}{\pi^2 \cdot r} = \frac{1.0 \times 10^{-4} \text{ نيوتن/م} \cdot 1.0 \times \pi}{1.0 \times 10^{-4} \times \pi^2} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ نيوتن/م} \text{ (تتأثر)}$$

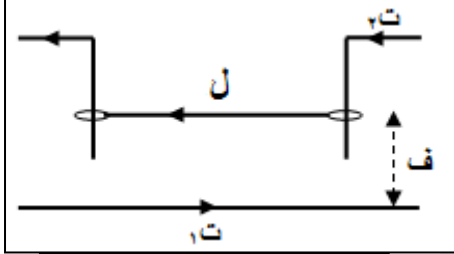
$$\text{نيوتن / م} ، \text{ نحو اليمين (تجاذب)} \quad 6 \times 10^{-10} = \frac{3 \times 2 \times 10^{-10} \times \pi \epsilon}{1 \times 1 \times \pi^2} = \frac{\mu \cdot \text{ت.ج.تب}}{\pi^2 \text{ف}} = \frac{\text{ق.ج}}{\text{ل}}$$

قمحصلة = قأ + قج = $^{-1} \times 4 + ^{-1} \times 6 = ^{-1} \times 10$ نيوتن/ م ، نحو اليسار

ميزان أمبير :

أهميته: يستخدم هذا الجهاز لقياس قيمة تيار مجهول.

أساس عمله: القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين يقعان في مستوى واحد يسري بكل منهما تيار كهربائي.



الشكل يمثل ميزان أمبير

الآلية: عن طريق قياس القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين متوازيين يحملان تيارين، حيث يتم ترتيب معين لإيصال التيار الكهربائي إلى السلك القابل للحركة فيكون $ت_١ = ت_٢ = ت$ وتعلق مجموعة من الكتل المعروفة

قيمتها بطرف السلك الموجود القابل للحركة، وحتى نقيس التيار المراد حسابه (ت) يضبط مؤشر الميزان بحيث يبقى السلك السفلي في الوضع الأفقي وعندما تغلق الدارة (سريان التيار ت) فإن السلك القابل للحركة يتحرك مبتعداً عن موضع اتزان (يتنافر) وحتى يعود إلى ما كان عليه يضاف إليه مجموعة من الكتل المعروفة قيمتها حتى يتزن السلك عندها :

الوزن = ق مغناطيسية

$$ك \times ج = \frac{\mu \cdot ت_١ \cdot ت_٢ \cdot ل}{\pi^2 ف} \quad \text{بما أن } ت_١ = ت_٢ = ت$$

$$ك \times ج = \frac{\mu \cdot ت^2 \cdot ل}{\pi^2 ف} \quad \text{فتكون قيمة التيار المراد قياسه .}$$

$$ت = \sqrt{\frac{ك \times ج \times \pi^2 ف}{ل \times \mu}}$$

سؤال: إذا عكس اتجاه التيار في الدارة فهل يتغير اتجاه القوة ؟ موضحاً إجابتك .

عند عكس اتجاه التيار لا يتغير اتجاه القوى فتبقى تتأفر. لأن التيارين في السلكين يبقى كل منهما في اتجاه معاكس للآخر

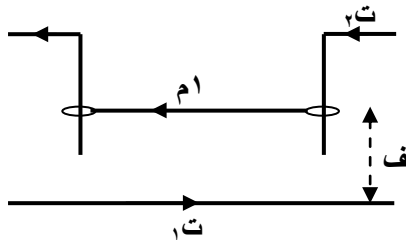
ملاحظات:

١- لا يمكن استخدام مصدر تيار متردد لأنه في ميزان أمبير، لأنه لا يمكن إيجاد قيمة ثابتة للتيار لأن التيار سوف يغير من مقداره واتجاهه من لحظة إلى آخر.

٢- هذه القوة تزداد بزيادة التيار المار في السلكين، وتقل بزيادة المسافة بين السلكين.

٣- تكون الزاوية بين امتداد السلكين (صفر) أو (١٨٠°) .

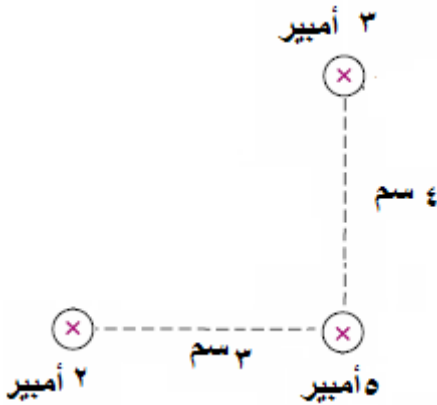
مثال (٢٠): الشكل يمثل سلك مثبت يسري به تيار مقداره (ت=٤ أمبير) وسلك قابل للحركة فوق السلك الأول فيه تيار مقداره (ت=٣ أمبير) وطوله ١ م وكتلته ٠,٣ غم أوجد البعد بين السلكين عندما يكون السلك متزنًا .



الحل:

مثال (٢١): أ ب ج مثلث قائم الزاوية في ب فيه أ ب (٤سم)، ب ج ٣سم كما في الشكل ، أ عنده تيار ٣ أمبير و ب عنده تيار ٥ أمبير و ج عنده تيار ٢ أمبير احسب القوة المؤثرة على وحدة الأطوال في السلك (ب).

الحل:



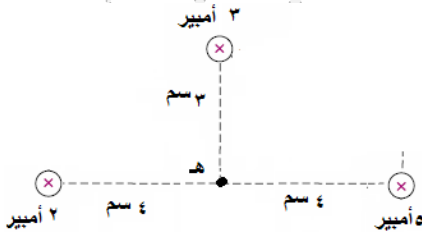
مسائل

١- سلك مستقيم لا نهائي الطول موضوع في مستوى الورقة باتجاه شرق غرب ويحمل تياراً مقداره (٥) أمبير نحو الشرق، ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(1 \times 10^{-1} \text{ T})$ تسلا في اتجاه يتعامد مع السطح الورقة نحو الداخل. أجب عما يأتي :

(١) احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك مقداراً واتجهاً.

(٢) احسب المجال المغناطيسي الكلي في نقطة تقع جنوب السلك وعلى بعد (١٠) سم منه مقداراً واتجهاً.

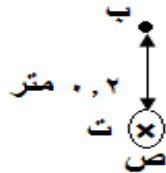
٢- شحنة مقدارها (٤ ميكروكولوم) تسير بسرعة مقدارها (٢٠ م/ث) باتجاه يوازي سلكاً يسري فيه تيارو يبعد عن الشحنة مسافة مقدارها (٦٠ سم). فإذا تأثرت الشحنة بقوة مغناطيسية مقدارها (٤٠ نيوتن) فانحرف مقترباً من السلك، اوجد مقدار و اتجاه التيار في السلك؟



٣- الشكل المجاور الذي يمثل مجموعة من الأسلاك العمودية على مستوى الورقة التي يسري بها تيارات كهربائية مثبتة قيمها عند كل سلك كما هو موضح في الشكل، أوجد المجال المغناطيسي عند النقطة هـ.

٤- ص سلك مستقيم لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره (٨) أمبير باتجاه داخل في الورقة ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي خارجي مقداره $0.3 \times 10^{-1} \text{ T}$ تسلا، كما في الشكل أوجد :

غ = $0.3 \times 10^{-1} \text{ T}$ تسلا



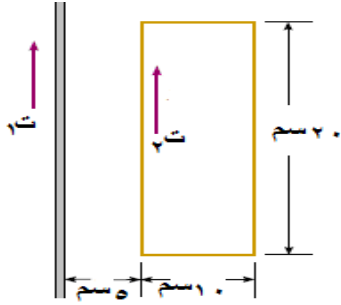
١- القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك ص.

٢- محصلة المجال عند ب.

٣- وزن جسيم شحنته $-4 \times 10^{-9} \text{ C}$ كولوم لحظة

مرورة من النقطة ب محافظاً على اتجاه حركته

بسرعة 10^6 m/s وباتجاه الشمال.



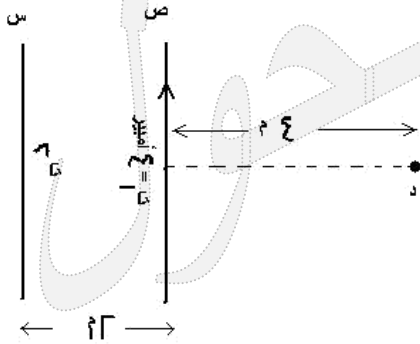
٥- يبين الشكل سلك مستقيم لانتهائي وسلك على شكل مستقيم، إذا كان التيار المار في السلك المستقيم ٥٠ أمبير والتيار المار في السلك المستطيل ٣٠ أمبير وكلاهما في مستوى الصفحة، احسب محصلة القوى التي يؤثر بها مجال السلك المستقيم في السلك المستطيل .

٦- (س، ص) سلكان متوازيان لا نهائيان يقعان على المستوى نفسه كما في الشكل جانباً، إذا اعتبرت النقطة د والتي تقع على مستوى السلكين نقطة انعدام للمجال المغناطيسي احسب:

أ- مقدار واتجاه التيار I_2 عبر السلك س.

ب- القوة المتبادلة بين السلكين ؟

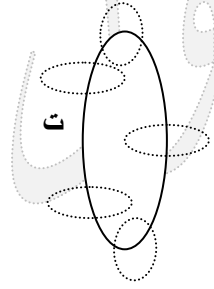
الحل:



المجال المغناطيسي لملف دائري

- الملف الدائري أصله سلك مستقيم تم ثنيه بحيث يصنع مسافات متساوية من مركزه .
- في الملف الدائري الذي يسريه تيار، كل قطعة من السلك ستتشيء حلقات من المجال المغناطيسي مما يعني أن المجال المغناطيسي عند أي نقطة داخل الحلقة سيكون غير منتظم (غير ثابت بالمقدار أو الاتجاه أو الاثنين معاً) إلا عند مركز الملف حيث تكون خطوط المجال المغناطيسي منتظمة و متوازية و بنفس الاتجاه وعمودية على مستوى الملف.

الآن سوف نقوم بحساب المجال المغناطيسي عند مركز الملف حسب قانون بيو-سافار

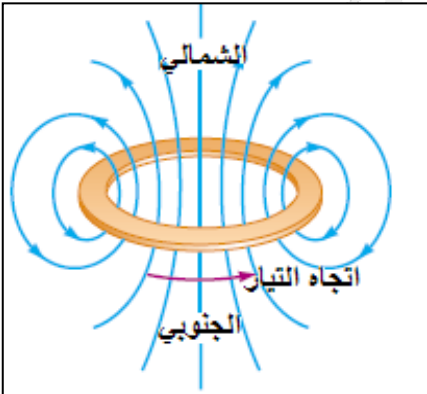


$$\Delta \vec{B} = \frac{\mu \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin \theta}{\pi r^2}$$

الزاوية بين اتجاه التيار (المماس) والمسافة هي ٩٠ وبالتالي $\sin \theta = 1$
 Δl هي طول المسار الذي يمر فيه التيار = محيط الدائرة = $2\pi r$

$$\Delta \vec{B} = \frac{\mu \cdot I \cdot (2\pi r)}{\pi r^2} \quad \leftarrow \quad \vec{B} = \frac{\mu \cdot I}{2r}$$

وإذا كان الملف يتكون من ن لفة فإن مقدار التيار المار في الملف يساوي (ن×ت)



الشكل يمثل تدفق خطوط المجال المغناطيسي الناتجة عن الملف الدائري

$$\vec{B} = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{2r}$$

أما اتجاه المجال المغناطيسي الناتج فيكون بحسب قاعدة قبضة اليد اليمنى، بحيث أنه إذا كان اتجاه دوران الأصابع مع اتجاه دوران التيار في الملف، كان اتجاه الإبهام يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي في المركز.

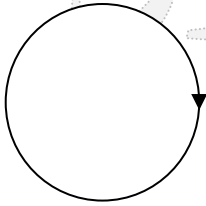
• العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناتج عن ملف دائري يسري فيه تيار كهربائي :

- ١- مقدار التيار المار في الملف الدائري (تناسب طردي) .
- ٢- نصف قطر الملف (تناسب عكسي) .
- ٣- عدد لفات الملف الدائري (وإذا كان يتكون من عدد كبير من اللفات فإنه يمكن اعتبار الملف الدائري مغناطيس يمكن تحديد أقطابه كما في الشكل أعلاه)
- ٤- الوسط الموجود فيه.

مثال (٢٢): شحنة كهربائية مقدارها $(6 \times 10^{-10} \text{ كولوم})$ تسير بسرعة $(6 \times 10^4 \text{ م/ث})$ مروراً بمركز ملف مكّون من (١٠٠ لفه) ونصف قطره $(2\pi \text{ سم})$ و يسري فيه تيار مقداره (٤ أمبير) مع عقارب الساعة في مستوى الورقة. اوجد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة اذا كان اتجاه سير الشحنة :

أ- مواز لمستوى الملف نحو الشرق . ب- يقطع مستوى الملف باتجاه الناظر.

الحل:

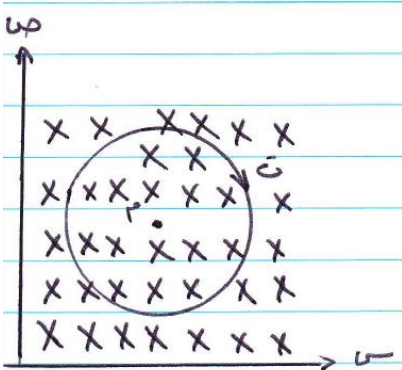


$$B = \frac{\mu_0 I n}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 100}{2 \times 0.02} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ تسلا ، بعيد عن الناظر}$$

$$(أ) \quad q = ش = ع غ ج = 6 \times 10^{-10} \times 4 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-3} = 3.84 \times 10^{-9} \text{ نيوتن ، الشمال}$$

$$(ب) \quad q = صفر \quad (\text{لان } \theta = 180^\circ)$$

مثال (٢٣): ملف دائري عدد لفاته (٧) ، ونصف قطره $(4 \times 10^{-2} \text{ م})$ يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٢) أمبير مغموّر في مجال مغناطيسي خارجي مقداره $(1 \times 10^{-1} \text{ تسلا})$ كما في الشكل :



١- احسب مقدار واتجاه المجال المحصل في مركز الملف (م)

٢- ما اسم القاعدة التي استخدمتها لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي.

الحل: غمصلة = غملف + غخارجي

$$B = \frac{\mu_0 I n}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 7}{2 \times 0.04} = 2.2 \times 10^{-5} \text{ تسلا ، نحو الداخل}$$

$$\text{غمصلة} = 2.2 \times 10^{-5} + 1 \times 10^{-1} = 1.022 \times 10^{-1} \text{ تسلا ، نحو الداخل}$$

٢- قبضة اليد اليمنى .

مثال (٢٤): في الشكل، سلك مستقيم طويل جداً، يمر فيه تيار مقداره (٢) أمبير، صنع في جزء منه عروة دائرية نصف قطرها (٤) سم، عدد لفاتها (٧) لفات. احسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز العروة.

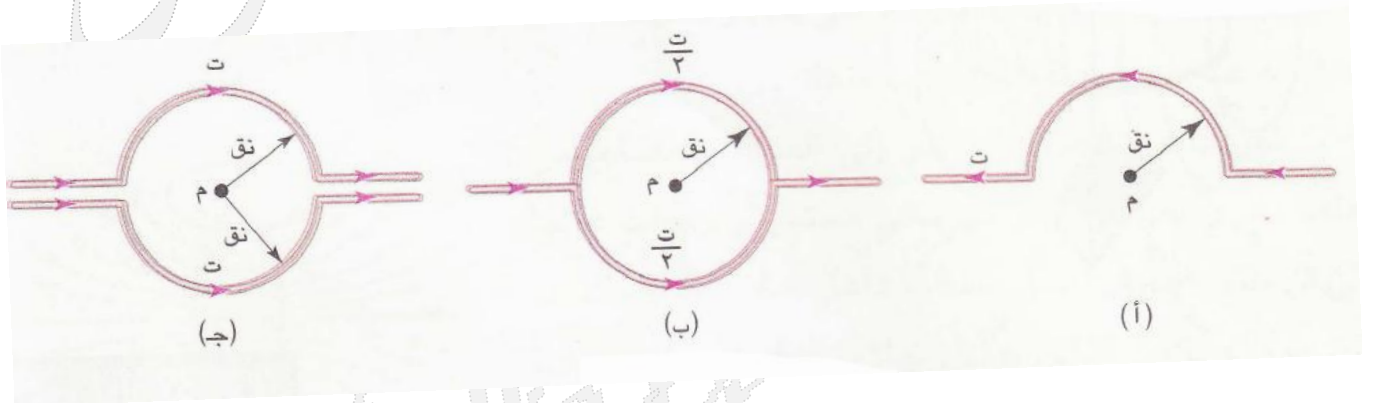
الحل:

$$\text{غسلك} = \frac{\mu \cdot \text{ت}}{\pi^2 \cdot \text{ف}} = \frac{2 \times 10^{-7} \times \pi \cdot 4}{2 \times 10^{-4} \times \pi^2} = 10^{-1} \text{ تسلا، بعيد عن الناظر}$$

$$\text{غعروة} = \frac{\mu \cdot \text{ت} \cdot \text{ن}}{2 \times 10^{-4} \times 2} = \frac{7 \times 2 \times 10^{-7} \times \pi \cdot 4}{2 \times 10^{-4} \times 2} = 22 \times 10^{-1} \text{ تسلا، بعيد عن الناظر}.$$

$$\text{غحصلة} = \text{غسلك} + \text{غعروة} = 10^{-1} \times 1 + 22 \times 10^{-1} = 23 \times 10^{-1} \text{ تسلا، بعيد عن الناظر}.$$

مثال (٢٥): احسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (م) بدلالة كل من (ت، نق) في الحالات المبينة في الشكل :



الحل:

- يلعب قانون أمبير في المغناطيسية دوراً هاماً ومماثلاً لقانون غاوس في الكهرباء. حيث يستخدم قانون أمبير لحساب شدة المجال المغناطيسي، إضافة لإعطائه صورة أوضح وأشمل من قانون بيو-سافار.

• نص قانون أمبير:

التكامل الخطي للمجال المغناطيسي على أي مسار مغلق في الفراغ يساوي المجموع الجبري للتيارات التي تخترق السطح المحدود بالمسار المغلق مضروباً في النفاذية المغناطيسية للفراغ.

$$\oint \Delta \times \mathbf{B} = \mu_0 \sum I$$

حيث يمثل $\oint \Delta$ طول مسار أمبير

قانون أمبير

شروط تطبيق قانون أمبير:

١- التطبيق على مسار مغلق

٢- وتكون Δ صغيرة جداً لكي يكون متجه المجال ثابتاً عن كل جزء من L (أي أهم شرط لتطبيق قانون أمبير هو أن يكون اتجاه Δ موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي على جميع النقاط الواقعة على مسار أمبير) فعندما يكون دائري يكون $\oint \Delta$ مقداره $2\pi r$.

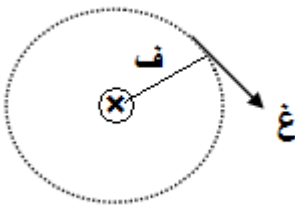
- الطرف الأيمن من قانون أمبير يسمى التكامل الخطي للمجال المغناطيسي ودائماً قيمته مجموع التيارات المحصورة داخل ذلك السطح مضروباً في النفاذية المغناطيسية وهو مقدار ثابت

• ملاحظة: عندما يحتوي المسار المغلق على عدة تيارات يؤخذ المجموع الجبري لها مع مراعاة اتجاهات هذه التيارات عند تطبيق قانون أمبير

سؤال: باستخدام قانون أمبير أثبت أن المجال المغناطيسي الناجم عن سلك طويل ليحمل تياراً مقداره I عند مسافة r يعطى بالعلاقة التالية :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

الحل:



$$\oint \Delta \times \mathbf{B} = \mu_0 \sum I$$

لكن $\oint \Delta = 2\pi r$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

مثال (٢٦): سلك مستقيم لا نهائي الطول يسري به تيار كهربائي مقداره $0,5$ أمبير باتجاه المحور الزيني السالب، كما في الشكل المجاور، اوجد ما يأتي :

أولاً : المجال المغناطيسي (مقداراً واتجاهاً) الناشئ

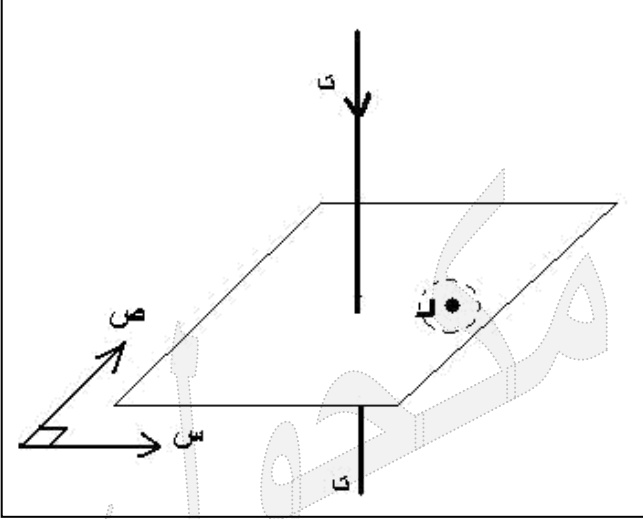
عند النقطة د التي تبعد $0,02$ متراً عن محوره ؟

ثانياً: اوجد التكامل الخطي للمجال المغناطيسي :

١- حول السلك ؟

٢- في المسار المغلق المرسوم حول النقطة د ؟

الحل :



المجال المغناطيسي لملف لولبي

- الملف اللولبي يتكون من اسطوانة ملفوفة بلفات متراسة

- عند مرور تيار بهذا الملف فإن هذا التيار يولد مجالاً مغناطيسياً داخل الملف بحيث تكون خطوط المجال

المغناطيسي داخل الملف اللولبي متوازية. أما خارج الملف تكون على شكل دوائر مركزها السلك تماماً كما هو

الحال مع خطوط المجال المغناطيسي لسلك مستقيم يحمل تيار.

- إذا قربت اللفات لتصبح متراسة يصبح المجال أكبر قيمة أكثر انتظاماً

ويوضح الشكل التالي المفهوم

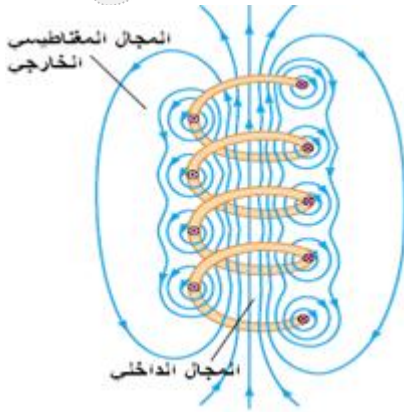
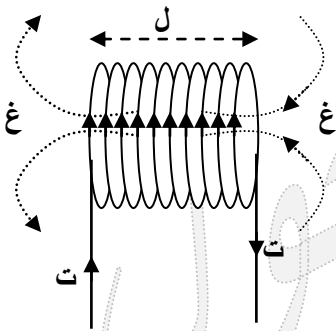
- لكن هنا نهمل المجال خارج الملف نتيجة لصغر قيمته مقارنة بالمجال

داخل الملف. غ خارجي = صفر.

- يكون المجال الناتج عن الملف اللولبي كبيراً لأنه ينتج عن عدد كبير من اللفات

- خطوط المجال المغناطيسي عند طرفي الملف تبدأ بالإبتعاد عن بعضها البعض

فتقل شدة المجال المغناطيسي هناك.



في قانون أمبير نستطيع حساب المجالات المغناطيسية المنتظمة

وهنا يكون المجال المغناطيسي منتظم على محور الملف (داخل الملف)

نأخذ مساراً مغلقاً وليكن مستطيل طول ضلعه l كما في الشكل وتطبيق

قانون أمبير نحصل على :

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc}$$

$$B l \cos \theta = \mu_0 (I_{enc})$$

$$B l \cos \theta = \mu_0 (I_{enc})$$

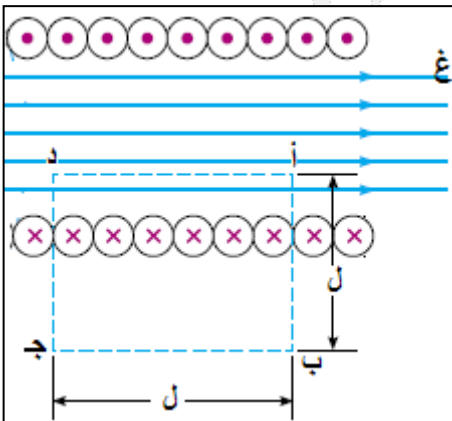
$$B = \frac{\mu_0 I_{enc}}{l} \quad (\text{للفة الواحدة})$$

عدة لفات (n لفة) تكون قيمة التيار المار في الملف (nI)

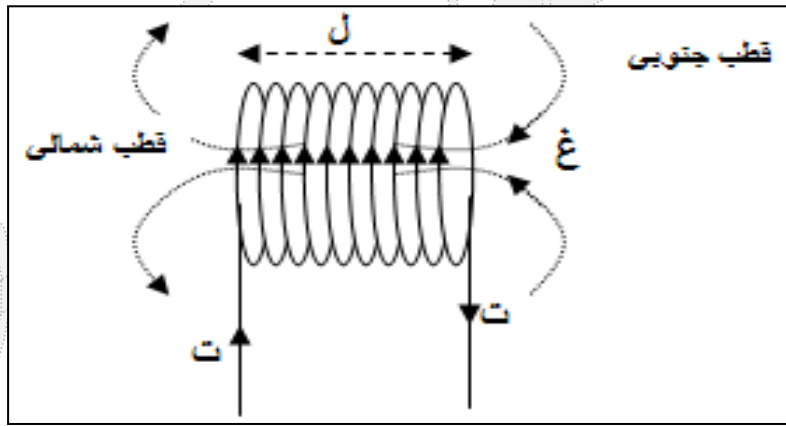
$$B = \frac{\mu_0 n I}{l}$$

اعتبر $n/l = N$ عدد اللفات لكل وحدة طول

$$B = \mu_0 N I$$



- تكون شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي (باستثناء طرفيه) منتظمة إذ تعتمد قيمتها على عدد اللفات لكل وحدة وعلى التيار المار في الملف ولا تعتمد على المكان (الموقع داخل الملف) .
ملاحظة مهمة جدا يمكن اعتبار الملف الحلزوني مغناطيس له قطبان، شمالي (حيث تخرج خطوط المجال المغناطيسي) و جنوبي (حيث تدخل خطوط المجال المغناطيسي) كما في الشكل المجاور .



يمكن التخلص من المجال المغناطيسي الناتج من الملف اللولبي يمر فيه تيار كهربائي عن طريق إحاطته بملف لولبي آخر بإحكام وتمرير تيار كهربائي عكس اتجاه تيار الملف الآخر .

• العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي:

- ١- عدد اللفات، تناسب طردي .
- ٢- مقدار التيار الكهربائي ، تناسب طردي .
- ٣- طول الملف تناسب عكسي .
- ٤- نوع الوسط المحيط بالملف .

سؤال: هل تتغير قيمة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي من نقطة الى اخرى ؟

الحل:

لا تتغير قيمته داخل الملف اللولبي، لأن المجال داخل الملف اللولبي منتظم تقريباً .

الأستاذ أحمد مكحول

٠٧٨٨٥٥٤٧١٣

٠٧٧٩٣٧٥٧١١

مهارات الفيزياء (المستوى الثالث)

المجال المغناطيسي

مثال (٢٧): ملف حلزوني عدد لفاته (٢٠٠ لفة) وطوله (١٠ سم) اوجد المجال المغناطيسي الناتج عن الملف اذا مر فيه تيار مقداره (٦ أمبير).

الحل:

$$B = \frac{\mu_0 \times n \times I}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times 6}{0.1} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ تسلا}$$

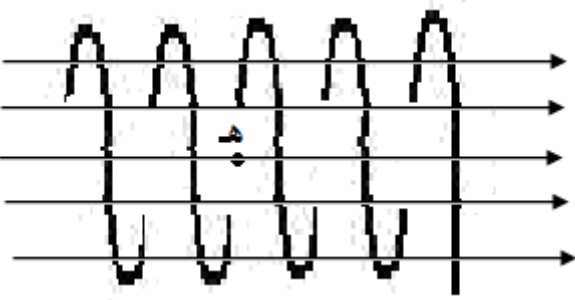
مثال (٢٨): ملف لولبي يحتوي على (١٠٠) لفة لكل (١) سم من طوله، ويحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة (عند النظر اليه من اليمين) مقداره (١٠٠) أمبير، احسب:

١- المجال المغناطيسي داخل الملف على امتداد محوره.

٢- مقدار واتجاه التيار اللازم امراره في ملف لولبي اخر عدد لفاته (٤٠) لفة لكل سم من طوله، يحيط بالأول باحكام ليصبح المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف يساوي صفراً.

الحل:

مثال (٢٩): ملف حلزوني مغموّر كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 9×10^{-3} تسلا باتجاه يوازي محور الملف نحو اليمين كما في الشكل . فإذا علمت أن عدد لفات الملف ٥٠ لفة وأن طوله (٠.١١ م) وأن المجال المحصل عند النقطة هـ يساوي 5×10^{-3} تسلا نحو اليسار أوجد:



١- مقدار واتجاه التيار في الملف.

٢- القوة المؤثرة على إلكترون يتحرك في مستوى الورقة

لحظة مرورة في النقطة هـ بسرعة 5×10^6 م/ث

نحو الشمال .

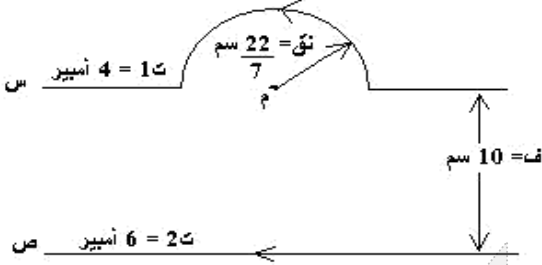
مسائل

١- اعتماداً على المعلومات المثبتة في الشكل المجاور , احسب :

أ- المجال المغناطيسي المحصل النقطة م .

ب- القوة المغناطيسية المؤثرة في بروتون لحظة مروره

بالنقطة م بسرعة ٤٠٠ م/ث باتجاه اليمين .

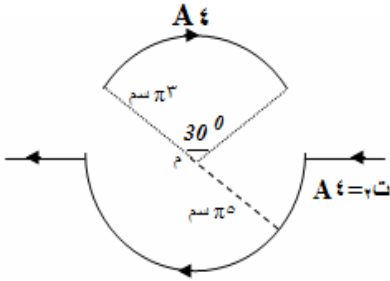


٢- سلكان فيهما تيار كهربائي, الاول على شكل نصف دائرة نصف قطرها ($\pi 5$ سم) والاخرى هي جزء من دائرة نصف قطرها ($\pi 3$ سم) ومتحدة بنفس المركز مع الدائرة الأولى احسب :

- المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة م

- القوة المؤثرة في إلكترون يتحرك بسرعة ٣٠٠ م/ث

باتجاه الغرب لحظة مروره بالنقطة م .

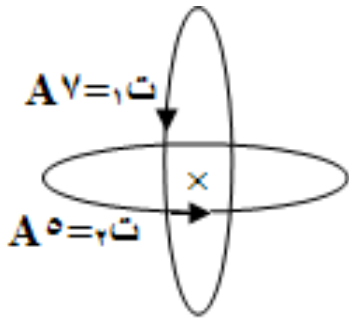


٣- في الشكل المجاور اذا كانت الحلقتين مشتركتين في المركز وكان نق ١ = $\pi 20$ سم و نق ٢ = $\pi 10$ سم . احسب :

أ) محصلة المجال المغناطيسي في المركز

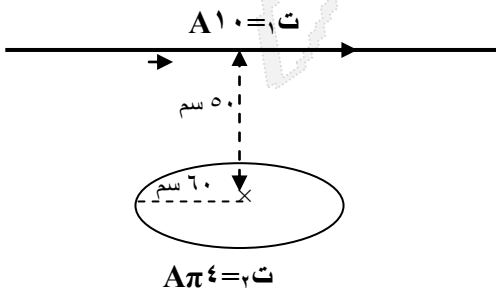
ب) القوة المؤثرة في شحنة مقدارها (4×10^{-6} كولوم)

تسير بسرعة (4×10^6 م/ث) باتجاه اليسار .



٤ - سلك يسري فيه تيار مقداره (١٠ أمبير) يبعد مسافة (٥٠ سم) عن مركز ملف دائري مكون من (١٠٠ الفه)

ويسري به تيار مقداره ($\pi 4$ أمبير). اوجد مقدار المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة .

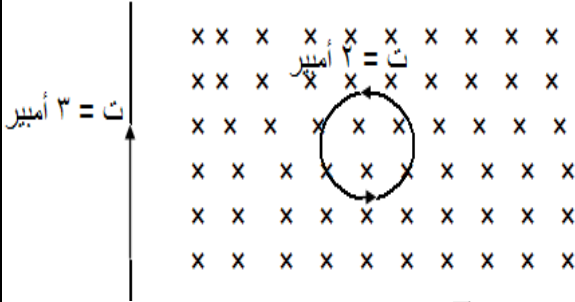


٥- في الشكل المجاور غمر ملف دائري نصف قطره ٣ سم ويتكون من ٣ لفات مع سلك طويل جدا يبعد عن مركز

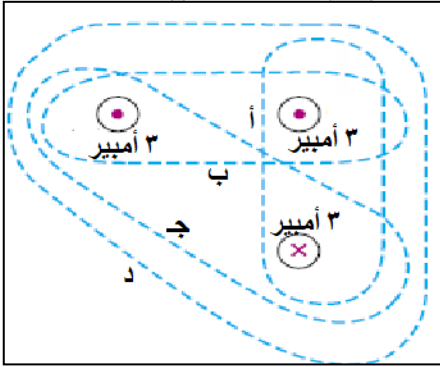
الملف ٢٠ سم في مجال مغناطيسي بعيدا عن الناظر كما في

الشكل مقدارة ٣, ١٠ × ١٠^{-٥} تسلا. اوجد المجال المغناطيسي

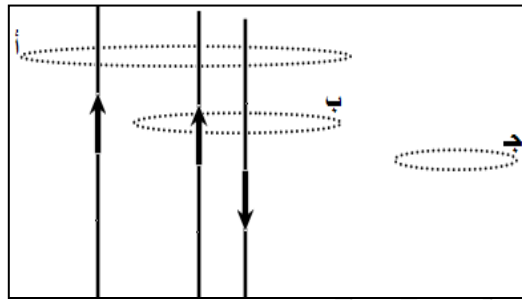
المحصل في مركز الحلقة .



٦- أوجد التكامل الخطي للمجال المغناطيسي على المسارات (أ، ب، ج، د) الشكل (١) و (أ، ب، ج) الشكل (٢)



الشكل (١)



الشكل (٢)

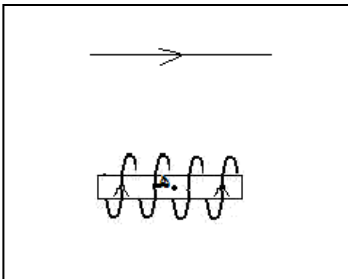
٧- يتكون ملف حلزوني من ١٢٠ لفة ويبلغ طوله ١٠ سم ويحمل تياراً مقداره ٥, ٠ أمبير وجاروه سلك مستقيم

طويل يحمل تياراً مقداره ١٠ أمبير ويبتعد عن مركز الملف ١٠ سم، احسب :

أ- المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة هـ

ب- القوة المغناطيسية المحصلة على بروتون يتحرك بسرعة ١ × ١٠^٦ م/ث باتجاه

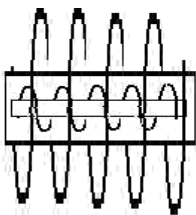
الناظر لحظة مروره بالنقطة هـ.



٨- ملف لولبي طوله ٥٠ سم ونصف قطر قاعدته ٢ سم مكون من ٢٠٠ لفة متراسة، لفّ حوله بإحكام ملف

آخر مكون من ١٠٠ لفة ونصف قطر قاعدته ٣ سم وطوله ٥٠ سم إذا كان التيار المار في كل منهما ٥

أمبير. أوجد المجال المغناطيسي في نقطة تقع بين الملفين.



الأستاذ أحمد مكحول

٠٧٨٨٥٥٤٧١٣

٠٧٧٩٣٧٥٧١١

مهارات الفيزياء (المستوى الثالث)

المجال المغناطيسي

- ٩- ملف لولبي يحتوي على ٢٠٠ لفة لكل اسم من طوله، ويحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة عند النظر إليه من اليسار شدته ٥٠ أمبير، احسب:
- ١- المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي.
 - ٢- المجال المغناطيسي خارج الملف اللولبي.
 - ٣- مقدار واتجاه التيار اللازم إمراره في ملف لولبي آخر عدد لفاته ٤٠ لفه لكل اسم من طوله، يحيط بالأول بإحكام ليصبح المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف اللولبي صفر.