

المجال المغناطيسي

القوي في الفيـ زياء

اعداد الاستاذ محمد عثمان

الاستاذ محمد عثمان ٠٧٨٨٠٧٢٧٤٦

المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي (Magnetic Field) .

المجال المغناطيسي : هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس و التي يظهر فيها أثر هذا المغناطيس (القوة التي يؤثر بها على مادة مغناطيسية أو جسيم مشحون متحرك)

- المغناطيسية ظاهرة تمتاز بها بعض المواد و تتمكن بواسطتها من جذب بعض المواد مثل الحديد .
- يرمز للمجال المغناطيسي بالرمز (\vec{B}) (المجال المغناطيسي كمية فيزيائية متجهة , لذلك يتم تحديدها بمقدار و اتجاه) .

**يوجد للمغناطيس أشكال عدة منها :**

- المغناطيس المستقيم
- المغناطيس على شكل حذوة الفرس .

للمغناطيس بعض الخصائص مثل :

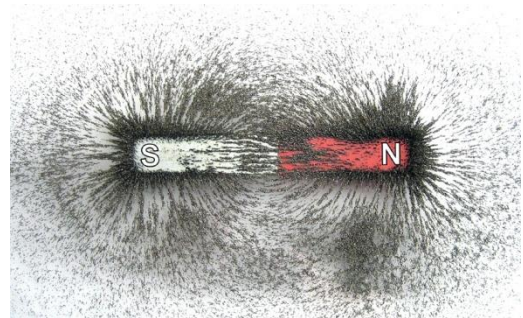
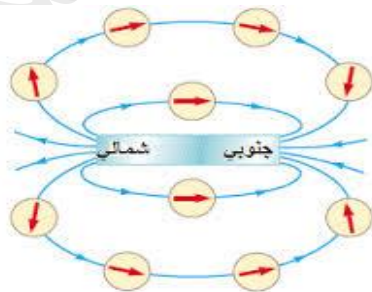
- له القدرة على جذب بعض المواد .
- له قطبان شمالي (ش) و جنوبي (ج) .
- لا يمكن الحصول على قطب مغناطيسي بشكل مفرد .
- الأقطاب المتشابهة تتنافر و المختلفة تتجاذب .

خطوط المجال المغناطيسي :

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

يمكن تخطيط خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس باستخدام :

- برادة الحديد .
- بوصلة .



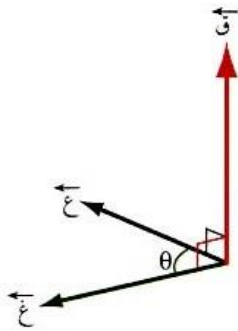
خصائص خطوط المجال المغناطيسي :

- خطوط وهمية تمثل مسار قطب شمالي افتراضي عند وضعه حراً في مجال مغناطيسي .
- يدل اتجاه المماس عند نقطة ما على اتجاه المجال في تلك النقطة .
- تدل كثافة الخطوط عند أي نقطة على مقدار المجال المغناطيسي في تلك النقطة (يكون أكبر ما يمكن عند الاقطاب) .
- خطوط مغلقة , تخرج من القطب الشمالي و تدخل في القطب الجنوبي , و تكمل دورتها من القطب الجنوبي الى الشمالي داخل المغناطيس و يعود السبب في ذلك الى عدم وجود قطب شمالي مفرد .
- لا تتقاطع , لانها لو تقاطعت خطوط المجال عند نقطة لوجد للمجال عند تلك النقطة أكثر من اتجاه لحركة القطب الشمالي و هذا يخالف تعريف الكمية المتجهة .

(التدفق المغناطيسي خلال أي سطح مغلق يساوي صفراً , علل ؟؟ لان عدد خطوط المجال المغناطيسي الداخلة يساوي عدد الخطوط الخارجة .)

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية (Force a Charge Moving in a) (Magnetic Field)

ان المجال الكهربائي يؤثر بقوة كهربائية في الشحنات الكهربائية الساكنة أو المتحركة بغض النظر عن اتجاه حركتها , و دلت التجارب أنه اذا دخل جسم مشحون الى مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة عمودية ثابتة و مستمرة على اتجاه حركته , و تغير من اتجاه حركته .



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

حيث أن : \vec{F} : القوة المغناطيسية (نيوتن) . q : الشحنة الكهربائية (كولوم).

\vec{v} : السرعة التي تدخل بها الشحنة المجال المغناطيسي (م/ث).

θ : الزاوية المحصورة بين \vec{v} , \vec{B}

\vec{B} : المجال المغناطيسي (تسلا).

- لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية نستخدم قاعدة اليد اليمنى بحيث يشير الابهام الى اتجاه السرعة أما الاصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي فيكون اتجاه القوة كما يلي :

- خارجة من باطن اليد (للشحنة الموجبة)
- خارجة من ظاهر اليد (للشحنة السالبة) , أو نطبق قاعدة اليد اليسرى .



• ما العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية :

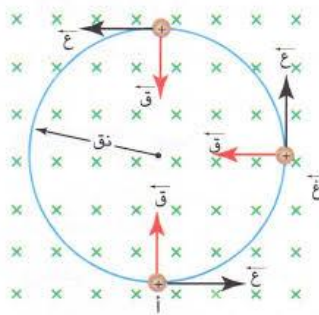
- مقدار الشحنة (طردي) .
- مقدار السرعة (طردي) .
- المجال المغناطيسي (طردي) .
- الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة و اتجاه المجال المغناطيسي (طردي مع جيب الزاوية) .

• ما هي الجسيمات التي لا تؤثر بها القوة المغناطيسية :

- الجسيم العديم الشحنة مثل (النيوترون ، أشعة غاما) .
- الجسيمات الساكنة (ع = صفر) .
- الشحنات التي تتحرك باتجاه موازي لاتجاه المجال المغناطيسي ($\theta = 0^\circ$) أو $\theta = 90^\circ$.

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

الشغل = $\vec{v} \cdot \vec{F} = vF \cos \theta$ لكن القوة عمودية مع اتجاه الحركة ($\theta = 90^\circ$) أي أن الشغل يساوي صفراً .



القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيمات التي تؤثر بها ، انما تغير من اتجاه سرعتها فقط فتجعلها تتحرك في مسار يختلف عن المسار الذي تتحرك فيه ، اذا كان المجال المغناطيسي منتظم فانها تتحرك في مسار دائري .

• يقاس المجال المغناطيسي بوحدة التسلا :

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

• اشتق وحدة قياس المجال المغناطيسي ؟؟؟

$$\vec{v} = \text{ش ع غ جا} \leftarrow \text{ع} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم} \cdot \frac{\text{م}}{\text{ث}}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم} \cdot \text{م}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{نيوتن} \cdot \text{ث}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم} \cdot \text{م}} = \text{تسلا}$$

• ما المقصود بقولنا أن شدة المجال المغناطيسي ٥ تسلا ؟؟

أن القوة التي سوف تؤثر على شحنة مقدارها (١ كولوم) و تتحرك بسرعة (١ م/ث) في هذا المجال و باتجاه عمودي تساوي (٥ نيوتن) .

يوجد وحدة قياس أخرى للمجال المغناطيسي و هي الغاوس .
الغاوس = 10^{-4} تسلا .
و يسمى بالنظام الغاوسي .

علل : عند وضع بروتون في حالة سكون في المجال الكهربائي يتأثر بقوة كهربائية ، بينما عند وضعه في حالة سكون في مجال مغناطيسي لا يتأثر بقوة مغناطيسية ؟

لأن القوة الكهربائية ($U = m \cdot E$) لا تعتمد على السرعة ، بينما القوة المغناطيسية ($U = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$) تعتمد على السرعة و عندما ($E = 0$) تكون ($U = 0$) .

مثال : جسيم مشحون بشحنة مقدارها (2×10^{-1} كولوم) ، يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها (1×10^4 م/ث) باتجاه الشرق في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.5 تسلا) باتجاه الشمال ، أوجد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عليه ؟

الحل :

$$U = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta = 1 \times 0.5 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-1} = 1000 \text{ نيوتن } \odot$$

مثال : جسيم مشحون بشحنة مقدارها (2×10^{-1} كولوم) ، يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها (2×10^4 م/ث) باتجاه الشرق في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.5 تسلا) باتجاه الشمال ، أوجد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة عليه ؟

الحل :

$$U = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta = 1 \times 0.5 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-1} = 1000 \text{ نيوتن } \otimes$$

مثال : مجال كهربائي مقداره (1×10^6 فولت/م) و مجال مغناطيسي مقداره ($\frac{30}{4}$ تسلا) ، إذا كان المجال الكهربائي يتجه نحو (+س) و المجال المغناطيسي عمودي على مستوى الورقة نحو الداخل ، تحركت فيها شحنة قدرها (4×10^{-1} كولوم) بسرعة (1×10^6 م/ث نحو (+س) ، احسب كل مما يلي :

- مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة بالشحنة ؟
- القوة المحصلة و اتجاهها المؤثرة على الشحنة ؟

الحل :

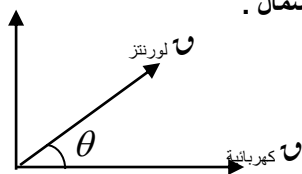
$$U = m \cdot E = 1 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^6 = 400000 \text{ نيوتن نحو (+س) باتجاه المجال الكهربائي .}$$

$$U = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta = 1 \times 10^{-1} \times 4 \times \frac{30}{4} = 300 \text{ نيوتن نحو الشمال .}$$

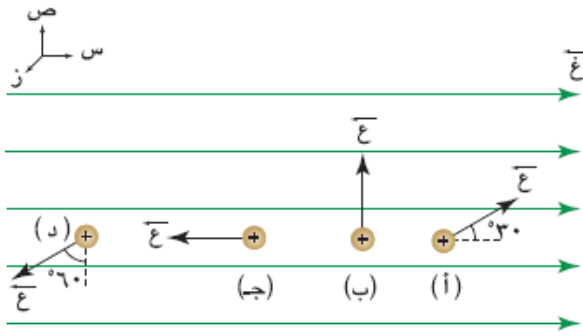
$$U = \sqrt{400000^2 + 300^2} = \sqrt{160000000000 + 90000} = 400000.225 \text{ نيوتن}$$

$$\text{باتجاه ظا } \theta = \arctan \left(\frac{300}{400000} \right) = 0.043^\circ \text{ شمال شرق}$$

مغناطيسية U



مثال :



جسيم شحنته (٨.٤) ميكروكولوم يتحرك بسرعة (٥٤) م/ث , في مجال

مغناطيسي منتظم مقداره (٠.٣) تسلا باتجاه محور السينات الموجب ,

احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة في الحالات (أ , ب , ج , د)

المبينة في الشكل المجاور .

الحل :

بتطبيق المعادلة : $U = qv \sin \theta$, نجد أن :

• في الحالة (أ) :

$$U = 8.4 \times 10^{-6} \times 54 \times 0.3 = 3.6 \times 10^{-4} \text{ نيوتن (بعيداً عن الناظر) .}$$

• في الحالة (ب) :

$$U = 8.4 \times 10^{-6} \times 54 \times 0.3 = 9.0 \times 10^{-4} \text{ نيوتن (بعيداً عن الناظر) .}$$

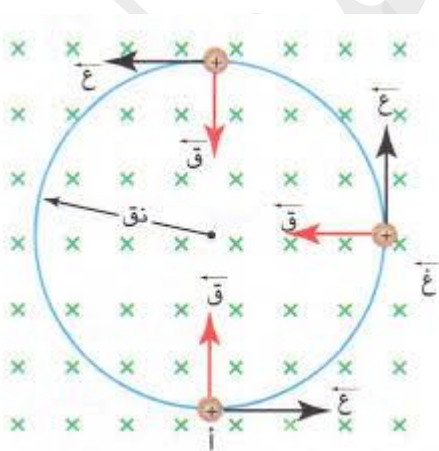
• في الحالة (ج) :

$$U = 8.4 \times 10^{-6} \times 54 \times 0.3 = 18.0 \text{ صفرًا .}$$

• في الحالة (د) :

$$U = 8.4 \times 10^{-6} \times 54 \times 0.3 = 15.0 \text{ نيوتن (نحو الناظر) .}$$

حركة شحنة في مجال مغناطيسي منتظم (Motion of a Charged Particle in a Uniform Magnetic Field) .



عند حركة شحنة كهربائية في مجال مغناطيسي فان القوة المغناطيسية دوماً تؤثر على

الشحنة بحيث يكون اتجاه القوة عمودياً على اتجاه السرعة مما يؤدي الى تغير في اتجاه

حركة الشحنة فقط , دون أن تغير مقدار السرعة , لذا تبقى الشحنة تتحرك بسرعة ثابتة

و يكون مسار الشحنة دائري فقط بحيث تؤثر في الشحنة قوة تتجه نحو المركز " **القوة**

المغناطيسية " و قوة ثانية تؤثر باتجاه مبعثد عن المركز " **القوة المركزية** "

و تكون :

$$U_{\text{مغناطيسية}} = U_{\text{مركزية}}$$

$$U_{\text{مغناطيسية}} = qvB \sin \theta = qvB \sin 90^\circ = qvB$$

نوه = $\frac{L_e}{ش غ} \leftarrow$ نصف قطر مسار شحنة تتحرك بمسار دائري عمودياً على المجال المغناطيسي .

يعتمد نصف قطر مسار الشحنة :

- طردياً مع كل من كتلة الجسيم المشحون و سرعة الجسيم المشحون .
- عكسياً مع كل من مقدار شحنة الجسيم و مقدار المجال المغناطيسي .

سؤال :

إذا علمت أن جسيم ألفا يمثل نواة الهيليوم (4_2He) و جسيم بيتا يمثل الإلكترون , و دخلا بنفس السرعة باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي بين مع ذكر السبب :

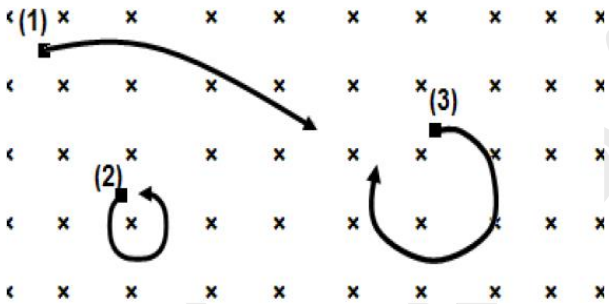
- ايهما ينحرف بنصف قطر أكبر ؟
- ينحرف الجسيمان باتجاهين متعاكسين ؟

الحل :

- ينحرف اشعاع ألفا بنصف قطر أكبر من اشعاع بيتا وذلك لأن كتلة ألفا أكبر بكثير من كتلة بيتا و يتناسب نصف قطر انحراف الشحنة مع الكتلة طردياً .
- لأن ألفا ذات شحنة موجبة و بيتا ذات شحنة سالبة .

مثال :

أدخلت ثلاث جسيمات متماثلة الكتلة و الشحنة و تتحرك بسرعات متفاوتة الى مجال مغناطيسي منتظم فتحررت كما في الشكل المجاور , رتب تصاعدياً سرعتها و بين نوع كل شحنة ؟



$$\text{نوه} = \frac{L_e}{ش غ}$$

لتحديد نوع الشحنة الموجبة يجب أن تكون القوة المغناطيسية باتجاه المركز

(لباطن اليد اليمنى)

- ١ - سالبة , أسرع ما يمكن
- ٢ - موجبة , أبطء ما يمكن
- ٣ - سالبة , متوسطة .

مثال: دخل بروتون بسرعة 1×10^6 م/ث نحو الشرق , مجال مغناطيسي منتظم شدته 0.1 تسلا نحو الجنوب , أوجد :

- مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على البروتون ؟
- نصف قطر مسار البروتون ؟

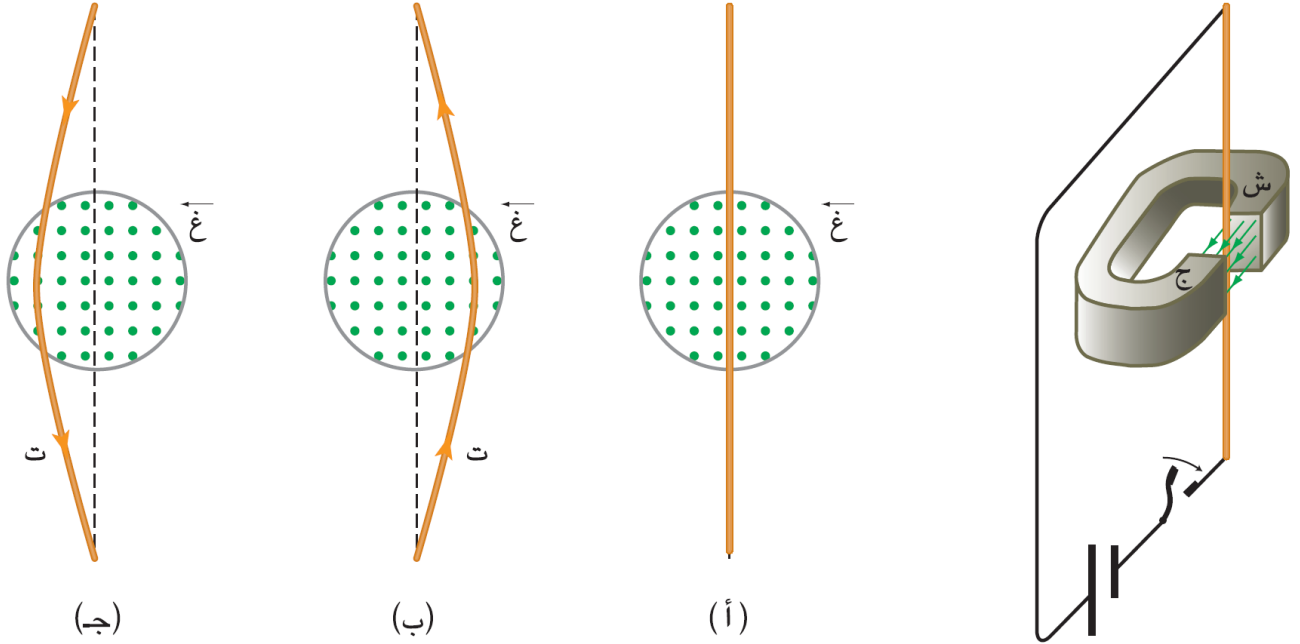
الحل :

$$v = ش غ \theta \text{ جا} = 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 0.1 \times 90 = 1.44 \times 10^{-10} \text{ نيوتن} \otimes$$

$$\text{نوه} = \frac{L_e}{ش غ} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 1.6 \times 10^6}{0.1 \times 1.44 \times 10^{-10}} = 1.9 \times 10^{-1} \text{ م .}$$

القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يسري فيه تيار كهربائي (Magnetic Force on a) (Current-Carrying Conductor)

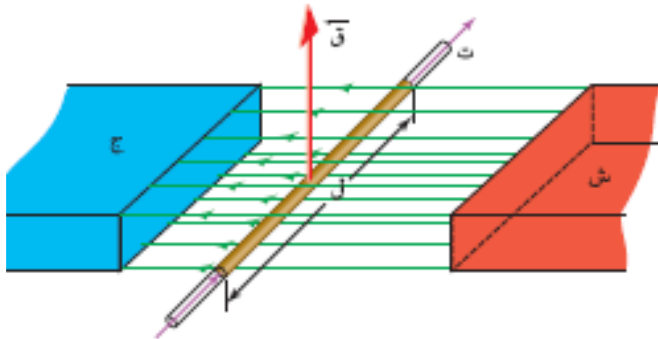
يبين الشكل سلكاً موضوعاً في مجال مغناطيسي , لماذا لم يتحرك السلك في الحالة (أ) ؟ ما سبب حركته في الحالتين (ب , ج) ؟ ألا تعني حركته وجود قوة تؤثر فيه ؟؟ ما مصدرها ؟؟



عند وضع سلك يحمل تيار كهربائي في مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية محصلة , التي تؤثر على الشحنات التي تتحرك داخل الموصل , و تتسبب في توليد التيار الكهربائي .

العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي :

لو أخذنا مقطع من سلك طوله (ل) و مساحة مقطعه (أ) و يحمل تياراً مقداره (ت) , بحيث يصنع زاوية (θ) مع المجال المغناطيسي (غ) وضع في مجال مغناطيسي كما في الشكل , سنلاحظ أن القوة المغناطيسية المؤثرة عليه تعتمد على :



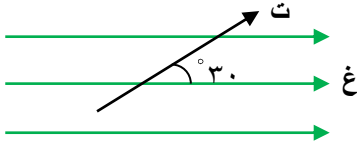
- شدة المجال المغناطيسي (غ).
- شدة التيار الكهربائي (ت) .
- طول السلك (ل) .
- الزاوية بين طول السلك و المجال المغناطيسي .

يحدد اتجاه (ل) باتجاه التيار المار في السلك .

ان القوة المغناطيسية المؤثرة في هذا الجزء من السلك هي محصلة القوى المؤثرة في كمية الشحنة (الالكترونات) التي تتحرك في السلك .

سؤال :

سلك مستقيم طوله (٠ ٤ سم) يسري فيه تيار مقداره (٦ أمبير) كما في الشكل , أثر فيه مجال مغناطيسي مقداره (٥ تسلا) , احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك ؟



الحل :

$$F = I L B \sin \theta = 6 \times 0.04 \times 5 \times \sin 30^\circ = 0.6 \text{ نيوتن , باتجاه } \otimes .$$

سؤال :

مجال مغناطيسي منتظم مقداره ٤ تسلا , و اتجاهه نحو الشرق وضع فيه سلك طوله ٢٠ سم , و يسري فيه تيار كهربائي شدته ٢٠ أمبير , احسب القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك في الحالات التالية :

- اذا كان اتجاه التيار الكهربائي نحو الجنوب :

$$F = I L B \sin \theta = 20 \times 20 \times 4 \times \sin 90^\circ = 160 \text{ نيوتن } \odot$$
- اذا كان اتجاه التيار الكهربائي نحو الشمال :

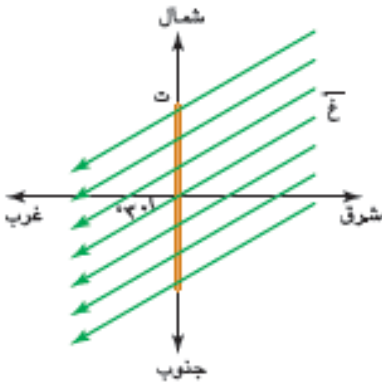
$$F = I L B \sin \theta = 20 \times 20 \times 4 \times \sin 0^\circ = 0 \text{ نيوتن } \otimes$$
- اذا كان اتجاه التيار الكهربائي نحو الغرب :

$$F = I L B \sin \theta = 20 \times 20 \times 4 \times \sin 180^\circ = 0$$
- اذا كان اتجاه التيار الكهربائي نحو الشرق :

$$F = I L B \sin \theta = 20 \times 20 \times 4 \times \sin 0^\circ = 0$$

سؤال :

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 :

$$F = I L B \sin \theta = 4 \times 20 \times 6 \times \sin 120^\circ = 416 \text{ نيوتن } \odot$$

معلومة اضافية :

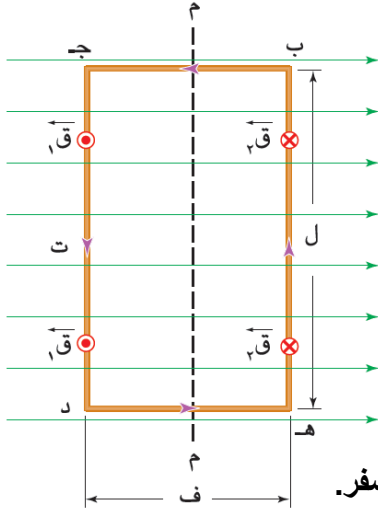


القوة المغناطيسية المؤثرة في أي سلك منحنى يحمل تيار و موضوع في مجال مغناطيسي منتظم تساوي القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك مستقيم يصل بين نقطتي البداية و النهاية للسلك المنحنى و يحمل التيار نفسه كما في الشكل المجاور .

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

(Torque on a Current Loop in a Uniform Magnetic Field)

الازدواج : هو الأثر الدوراني لقوتين متساويتين في المقدار و متعاكستين في الاتجاه , و خط عملهما ليس واحد .



ليتوضح مفهوم الازدواج نأخذ الملف في الشكل المجاور , الذي يأخذ شكل عروة (Loop)

موضوع في مجال مغناطيسي منتظم (غ) مواز لمستوى الملف , و نفرض أن السلك

المستطيل معلق بحيث يكون قابلاً للدوران حول المحور (م').

لنجد القوة المغناطيسية المؤثرة في الملف يجب أن نجد القوة المغناطيسية المؤثرة على

كل ضلع من الملف على حدة , كالآتي :

• الضلع (ب ج) , لا يتأثر بقوة مغناطيسية :

$$F_{بج} = I \times l \times B \times \sin \theta = 0 \text{ , و بالتالي } F_{بج} = 0 \text{ .}$$

• الضلع (هـ د) , لا يتأثر بقوة مغناطيسية :

$$F_{هـد} = I \times l \times B \times \sin \theta = 0 \text{ , و بالتالي } F_{هـد} = 0 \text{ .}$$

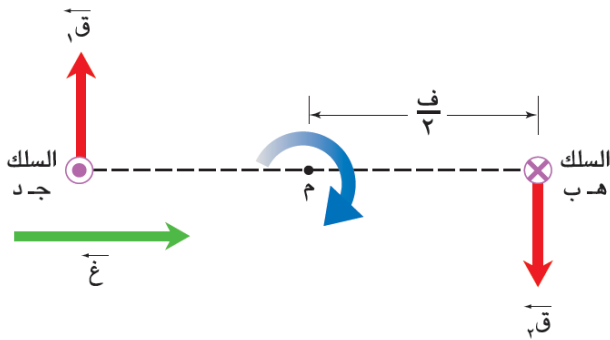
• الضلع (ب هـ) , يتأثر بقوة مغناطيسية :

$$F_{به} = I \times l \times B \times \sin 90^\circ = I \times l \times B \text{ , و بالتالي } F_{به} = I \times l \times B \text{ و بالاتجاه } \otimes \text{ .}$$

• الضلع (ج د) , يتأثر بقوة مغناطيسية :

$$F_{جـد} = I \times l \times B \times \sin 90^\circ = I \times l \times B \text{ , و بالتالي } F_{جـد} = I \times l \times B \text{ و بالاتجاه } \odot \text{ .}$$

إذا تخيلت أنك تنظر الى الملف من النقطة (م) كما في الشكل , فإن السلك يدور حول المحور (م') مع عقارب الساعة .



$F_{به} = I \times l \times B$ و متعاكستين في الاتجاه و يوجد بينهما بعد

عمودي وهو (ف) , إذن يوجد عزم دوران .

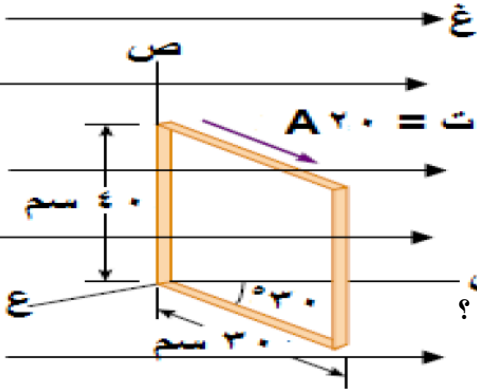
مقدار عزم الازدواج = احدى القوتين \times البعد العمودي بينهما .

$$\tau = F \times f = I \times l \times B \times f$$

لاحظ أن (ل ف) = مساحة الملف (أ) , و اتجاهه عمودي على مستوى الملف .

مثال :

يمثل الشكل المجاور سلكاً على شكل مستطيل مكون من ١٠٠ لفة , و يحمل تياراً مقداره ٢٠ أمبير , سلط عليه مجالاً مغناطيسياً مقداره ٢ تسلا , باتجاه محور السينات الموجب , اذا كان السلك حر الحركة حول محور الصادات الموجب , فجد كلاً مما يلي :



- عزم الازدواج المؤثر في الملف عندما يصنع زاوية مقدارها ٣٠° مع محور السينات الموجب ؟
- هل ستزداد الزاوية أم تقل ؟
- عند أي لحظة ينعدم عزم الازدواج ؟
- هل تتوقف حركة الملف عند اللحظة التي ينعدم فيها الازدواج ؟ فسر ذلك ؟

الحل :

- عزم الازدواج = $\tau = IAB \sin \theta = 20 \times 0.3 \times 4 \times 2 \times \sin 30^\circ = 6 \text{ ج.ا} = 6 \times 10^{-1} \times 2 \times 4 \times 2 \times 100 = 6 \times 10^{-1} \times 3200 = 1920 \text{ نيوتن.م}$.
- سوف تزداد الزاوية .
- ينعدم عزم الازدواج عندما يكون الملف معامداً لخطوط المجال المغناطيسي ($\theta = 0^\circ = \theta = 180^\circ$).
- لا يتوقف بل يكمل حركته بفعل القصور الذاتي للملف .

مثال :

ملف على شكل مستطيل أبعاده (٣,٤) سم , يتكون من سلك عدد لفاته ٢٠ لفة مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٣) تسلا , قابل للدوران حول محور ينطبق على مستواه و يمر بمركزه عمودياً على المجال , اذا مر تيار كهربائي في الملف مقداره (٥) أمبير , احسب عزم الازدواج في الحالات التالية :

- عندما يكون مستوى الملف موازي لخطوط المجال المغناطيسي ؟
- عندما يكون مستوى الملف عمودي على خطوط المجال المغناطيسي ؟
- عندما يصنع مستوى الملف زاوية مقدارها (٣٠°) مع خطوط المجال المغناطيسي ؟

الحل :

- عزم الازدواج = $\tau = IAB \sin \theta = 5 \times 20 \times 3 \times 4 \times 10^{-2} \times \sin 0^\circ = 0 \text{ ج.ا} = 0 \times 10^{-1} \times 36 = 0 \text{ نيوتن.م}$.
- عزم الازدواج = $\tau = IAB \sin \theta$, ولكن $\theta = 0^\circ$, $\theta = 180^\circ$, $\theta = 0^\circ$, عزم الازدواج = صفر .
- لاحظ أن $\theta = 60^\circ$ وليس 30° .
- عزم الازدواج = $\tau = IAB \sin \theta = 5 \times 20 \times 3 \times 4 \times 10^{-2} \times \sin 30^\circ = 6 \text{ ج.ا} = 6 \times 10^{-1} \times 31 = 186 \text{ نيوتن.م}$.

مصادر المجال المغناطيسي (Sources of the Magnetic Field) :

اكتشف العالم الدنماركي أورستد عام ١٨٢٠ م من خلال تجاربه أهم مصادر المجال المغناطيسي و هو التيار الكهربائي.

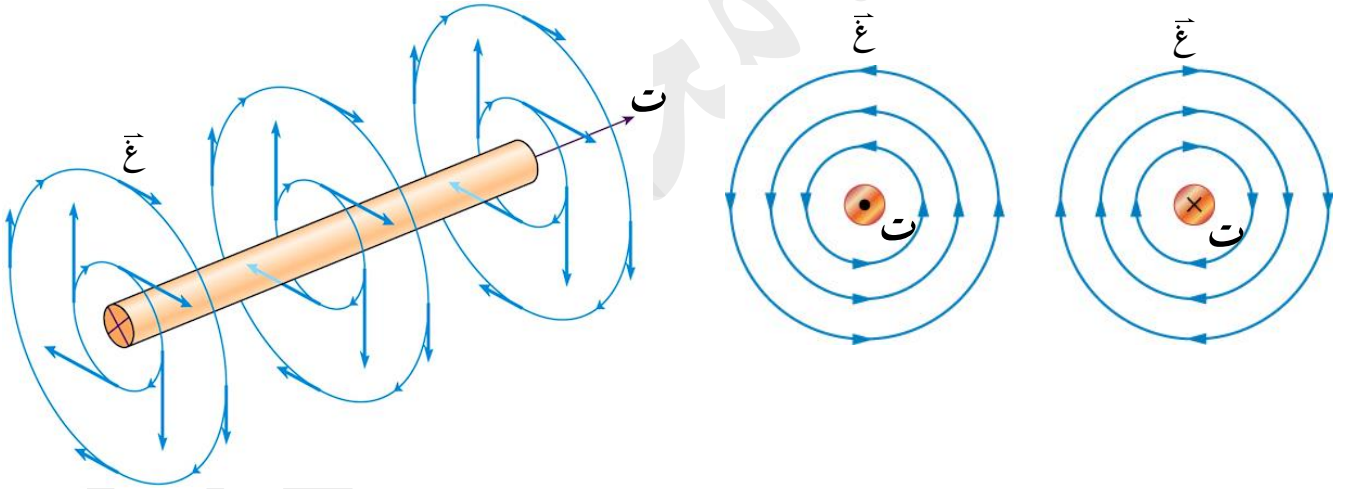
عند مرور تيار كهربائي في موصل فإنه يتولد حوله مجال مغناطيسي على شكل حلقات مركزها الموصل , و لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج من مرور التيار الكهربائي فإننا نستخدم قاعدة اليد اليمنى .

قاعدة اليد اليمنى (Right Hand Rule) :



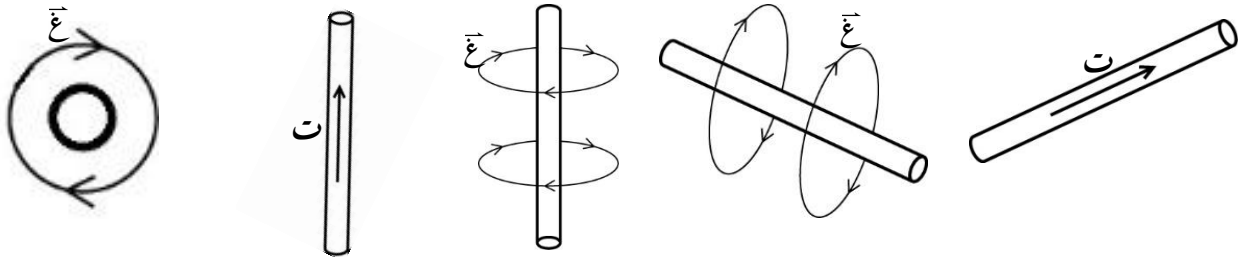
- يشير الإبهام دائماً الى اتجاه التيار الكهربائي .
- تشير حركة الاصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي المتولد حول السلك .

يكون اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال المغناطيسي , هو اتجاه المماس عند تلك النقطة كما هو موضح بالشكل :



سؤال :

حدد اتجاه المجال المغناطيسي أو التيار الكهربائي لكل مما يلي :

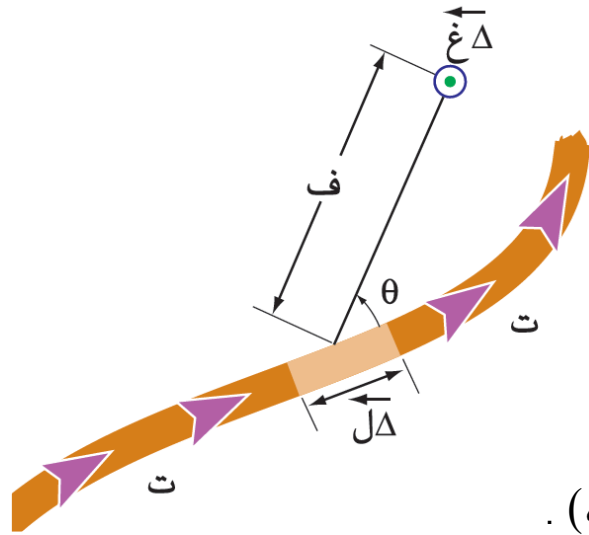


قانون بيو - سافار (Biot-Savart Law) :

هو قانون يستخدم لحساب شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل يسري فيه تيار كهربائي .

قام العالمان بيو و سافار باجراء تجارب عدة لايجاد العلاقة الرياضية لحساب المجال المغناطيسي الناشئ في نقاط عدة نتيجة مرور تيار كهربائي في أسلاك موصلة مختلفة الأشكال .

توصل العالمان الى أنه اذا تم تقسيم موصل يسري فيه تيار كهربائي ثابت (ت) الى أقسام عدة طول كل منها (Δl) , حيث أن $(\Delta l = \sum \Delta l)$.



ان المجال المغناطيسي $(\vec{\Delta B})$ الناشئ عن مرور التيار الكهربائي

في (Δl) عند نقطة تبعد عن الموصل مسافة (ف) :

- يتناسب طردياً مع التيار الكهربائي (ت) المار في الموصل .
- يتناسب عكسياً مع مربع المسافة (f^2) .
- يعتمد على نوع مادة الوسط الموجود فيه الموصل .
- يكون المتجه $(\vec{\Delta B})$ عمودياً على كل من (Δl) و (Δf) .

يمكن التعبير عن قانون بيو-سافار على الصورة الرياضية التالية :

$$\Delta \vec{B} = \frac{\mu}{4\pi \epsilon_0} \frac{I \Delta l \sin \theta}{f^2}$$

المجال المغناطيسي

النفاذية المغناطيسية

طول السلك

الزاوية بين (ل) و (ف)

المسافة العمودية بين السلك و النقطة

التيار المار بالسلك

μ : ثابت يسمى النفاذية المغناطيسية (Magnetic Permeability) للفراغ بوصفه الوسط المحيط بالموصل ,

و يساوي بالوحدات العالمية $(\pi \epsilon_0 \times 10^{-7} \text{ ويدر / أمبير.م})$ و عليه , فان مقدار ثابت التناسب $(\frac{\mu}{4\pi \epsilon_0})$ في الفراغ

يساوي $(10^{-7} \text{ ويدر / أمبير.م})$, و تتغير نفاذية الوسط بتغير نوعيته , و تسمى عندها (μ) .

المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك طويل مستقيم (Magnetic Field of a long Straight Conductor).

باجراء التكامل لقانون بيو- سافار , نتوصل لعلاقة المجال الناشئ عن سلك مستقيم لانتهائي الطول عند نقطة تبعد (ف) عن محو السلك , حيث أن :

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

ملاحظات :

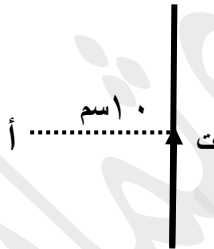
- لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي المتولد حول موصل نستخدم قاعدة اليد اليمنى , حيث أن الإبهام يشير الى اتجاه التيار و يشير انحناء الأصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي .
- عند أي نقطة على امتداد سلك مستقيم أو على السلك نفسه لا ينشأ مجال مغناطيسي عند تلك النقطة .

مثال :

سلك لانتهائي الطول يمر فيه تيار كهربائي شدته ٣٠ أمبير كما في الشكل , احسب شدة المجال المغناطيسي المتولد و اتجاهه عند النقطة (أ) ؟؟؟

الحل :

مصدر المجال المغناطيسي هنا هو سلك لانتهائي الطول .



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 1} = 6 \times 10^{-6} \text{ Tesla } \odot$$

تمرين :

احسب المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك يمر فيه تيار شدته ٤٤ أمبير في الحالات التالية :

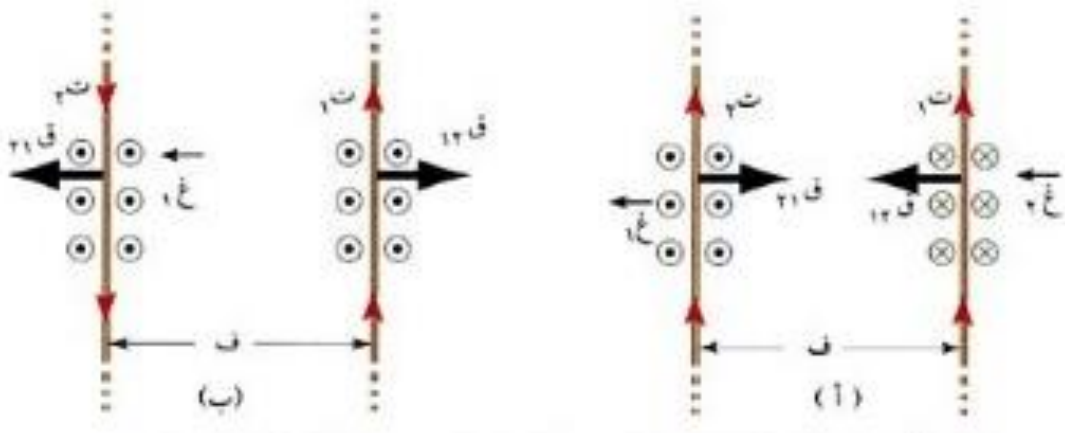
- نقطة تبعد عن السلك مسافة ٢ سم ؟
- نقطة تبعد عن السلك مسافة ٦ سم ؟

القوة المغناطيسية المتبادلة بين سلكين رفيعين مستقيمين متوازيين لانهايين يقعان في مستوى واحد , ويسري فيهما تيار كهربائي .

:(Magnetic Force Between Two Parallel Current – Carrying conductors)

عرفت أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة في السلك المار فيه تيار كهربائي، والموضوع في المجال، على ألا يكون موازياً لخطوط المجال، كما عرفت أنه يتولد حول السلك المار فيه تيار كهربائي مجال مغناطيسي... فماذا نتوقع أن يحدث إذا تجاوز سلكان طويلان جداً، مستقيمان ومتوازيان، ويسري في كل منهما تيار كهربائي؟ هل تنشأ بينهما قوة مغناطيسية؟ هل يتجاذبان أم يتنافران؟ وما علاقة اتجاه التيار في كل منهما باتجاه القوة المتبادلة؟

إن مرور تيار كهربائي في أحد السلكين، يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي حوله، ولما كان السلك الثاني بالطبع موجوداً في هذا المجال ويمر فيه تيار، فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية. والعكس كذلك صحيح، فالسلك الثاني يسري فيه تيار كهربائي فيولد حوله مجالاً مغناطيسياً، يؤثر بقوة مغناطيسية في السلك الأول، الموجود في مجاله ويمر فيه تيار كهربائي.



$$I_2 \vec{v} = I_1 \vec{v}$$

يمكن اشتقاق العلاقة بأخذ إحدى القوتين ونعوض كالتالي :

$$I_1 \vec{v} = I_2 \vec{v} \times \vec{B}_1 \times \vec{v} \text{ جا } 90^\circ$$

غ: المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الأول و يكون مقداره $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$

$$I_1 \vec{v} = I_2 \vec{v} \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \vec{v} \Rightarrow I_1 \vec{v} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \vec{v}$$

بما أن السلكان لا نهائيا الطول يمكن حساب القوة المؤثرة لكل وحدة طول

(نيوتن/م)

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

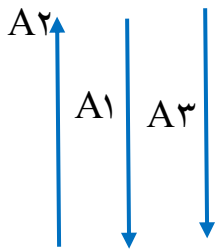
تعتمد القوة المتبادلة بين سلكين على :

- مقدار كل من التيارين المارين في السلكين (تناسب طردي) .
- المسافة الفاصلة بين السلكين .

الأمبير : هو التيار الذي إذا سري في سلكين مستقيمين متوازيين و يقعان في مستوى واحد و تبعد بينهما مسافة متر واحد في الفراغ كانت القوة المتبادلة بينهما تساوي 2×10^{-7} نيوتن / م .

مثال :

في الشكل المجاور ثلاثة أسلاك مستقيمة لانهاية الطول يسري في كل منها تيار كهربائي , بالاستعانة بالبيانات المثبتة على الشكل احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة أطوال السلك (ب) (ف = ب = ف = ب = ١ سم) .



الحل :
$$\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{F}{L}$$

$$\frac{1 \times 2 \times 10^{-1} \times \pi 4}{2 \times 1 \times \pi 2} = \frac{F_1}{L} = \frac{4 \times 10^{-1} \text{ نيوتن/م نحو اليمين (تنافر) .}}{L}$$

$$\frac{3 \times 2 \times 10^{-1} \times \pi 4}{2 \times 1 \times \pi 2} = \frac{F_2}{L} = \frac{12 \times 10^{-1} \text{ نيوتن / م نحو اليمين (تجاذب) .}}{L}$$

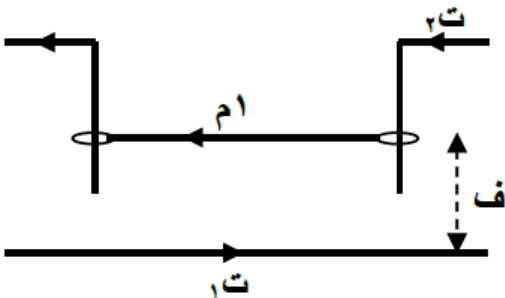
$$F = F_1 + F_2 = 4 \times 10^{-1} + 12 \times 10^{-1} = 16 \times 10^{-1} \text{ نيوتن / م نحو اليمين .}$$

تمرين : في الشكل المجاور سلك مثبت يسري فيه تيار كهربائي مقداره

(ت = ٤ أمبير) وسلك قابل للحركة فوق السلك الأول يمر فيه تيار مقداره

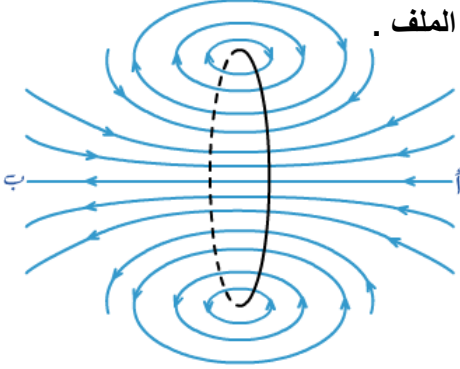
(ت = ٣ أمبير) وطوله متر واحد و كتلته ٠.٣ غم , أوجد البعد بين

السلكين عندما يكون السلك متزنأ ؟



المجال المغناطيسي لملف دائري (Magnetic Field of a Circular Loop) :

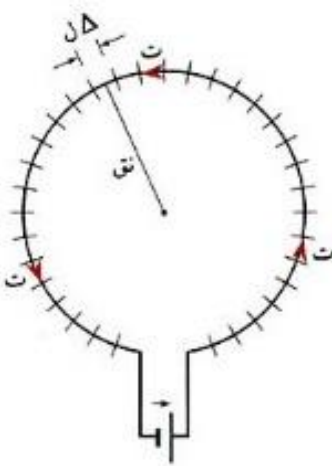
المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري يكون غير منتظم داخل الملف (لاحظ انحناء خطوط المجال داخله) , أما بالقرب من مركز الملف فيكون منتظماً بدليل توازي خطوطه المتعامدة مع مستوى الملف .



أثبت مستخدماً قانون (بيو - سافار) أن شدة المجال المغناطيسي الناشئ

$$\text{عن ملف دائري يعطى بالعلاقة : } \mathcal{G} = \frac{\mu_0 \mu_r n I}{2r}$$

إذا قسمنا الملف الى أجزاء صغيرة طول كل منها (Δl) و قمنا بحساب $(\Delta \mathcal{G})$ في مركز الملف و الناشئ عن كل جزء من هذه الأجزاء , فإن مجموعها يكون مساوياً للمجال في مركز الملف .



$$\mathcal{G} = \sum \Delta \mathcal{G} = \sum \frac{\mu_0 \mu_r n I \Delta l \sin \theta}{4\pi r^2}$$

حيث أن $(\theta = 90^\circ)$,

$$\mathcal{G} = \frac{\mu_0 \mu_r n I \sum \Delta l}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 \mu_r n I (2\pi r)}{4\pi r^2}$$

و لملف عدد لفاته (ن) :

$$\mathcal{G} = \frac{\mu_0 \mu_r n^2 I}{2r}$$

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي نستخدم الموضحة في الشكل المجاور , بحيث يشير الابهام الى اتجاه المجال المغناطيسي و حركة الاصابع تشير الى اتجاه التيار الكهربائي .

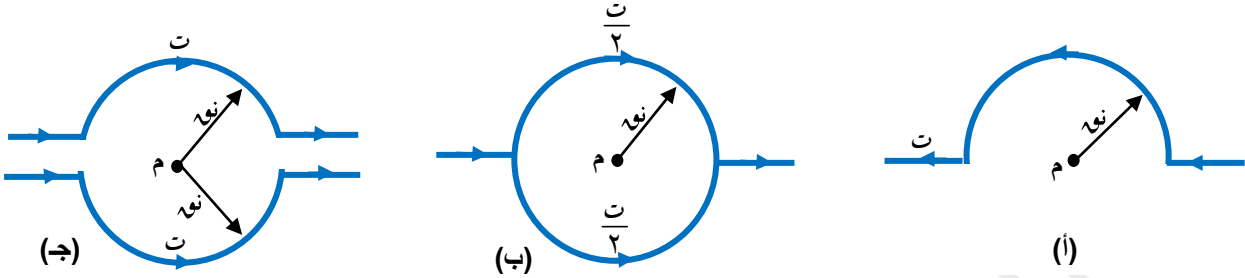


العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري :

- عدد لفات الملف (طردياً) .
- شدة التيار الكهربائي (طردياً) .
- نصف قطر الملف (عكسياً) .
- نوع الوسط المحيط بالسلك و يتغير بتغير نوع الوسط .

مثال :

احسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (م) بدلالة كل من (ت , نق) في الحالات المبينة بالشكل :



$$\text{الحالة (أ) : } \vec{B} = \frac{\mu_0 T}{4\pi R} = \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0 T}{2\pi R} = \frac{\mu_0 T}{4\pi R} \text{ نحو الناظر .}$$

$$\text{الحالة (ب) : من اللفة العليا : } \vec{B} = \frac{\mu_0 T}{2\pi R} = \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0 T}{\pi R} = \frac{\mu_0 T}{4\pi R} \text{ بعيداً عن الناظر .}$$

 $\vec{B} = 0$ صفر

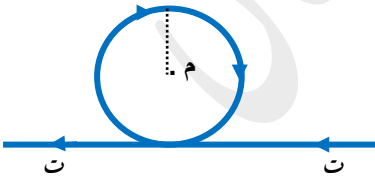
$$\text{من اللفة السفلى : } \vec{B} = \frac{\mu_0 T}{2\pi R} = \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0 T}{\pi R} = \frac{\mu_0 T}{4\pi R} \text{ نحو الناظر .}$$

$$\text{الحالة (ج) : } \vec{B} = 0 \text{ صفر .}$$

مثال :

في الشكل المجاور 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 .

$$\vec{B} = \vec{B}_{\text{سلك}} + \vec{B}_{\text{عروة}}$$



$$\vec{B}_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 T}{2\pi R} = \frac{2 \times 10^{-1} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times \pi \times 2} = 1 \times 10^{-1} \text{ تسلا } \otimes$$

$$\vec{B}_{\text{عروة}} = \frac{N \mu_0 T}{2R} = \frac{7 \times 2 \times 10^{-1} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times \pi \times 2} = 22 \times 10^{-1} \text{ تسلا } \otimes$$

$$\vec{B} = \vec{B}_{\text{سلك}} + \vec{B}_{\text{عروة}} = 1 \times 10^{-1} \times (22 + 1) = 23 \times 10^{-1} \text{ تسلا } \otimes$$

المجال المغناطيسي لملف لولبي (The Magnetic Field of a Solenoid) :

لحساب مجال مغناطيسي لملف لولبي نستخدم العلاقة الرياضية التالية :

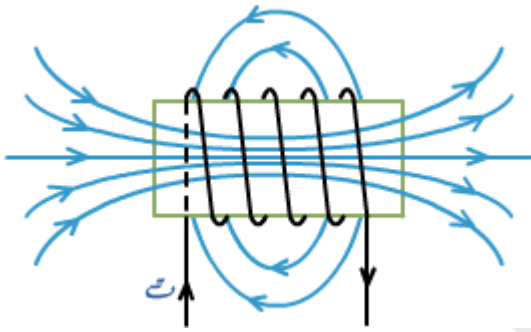
$$\mu_0 n I = B$$

إذا كانت n هي عدد اللفات في وحدة الأطوال من الملف أي $\left(\frac{N}{L}\right)$ فإن $B = \mu_0 n I$

و لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى .

العوامل التي يعتمد عليها شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي :

- عدد اللفات (طردياً) .
- شدة التيار (طردياً) .
- طول الملف (عكسياً) .
- نوع الوسط المحيط بالملف .



علل : خارج الملف الحلزوني يكون المجال المغناطيسي يساوي صفراً .

لأن المجال المغناطيسي عند نقطة خارج الملف هو محصلة المجالات المغناطيسية لكل التيارات الكهربائية المارة في كل حلقة من حلقات الملف , و حسب قاعدة اليد اليمنى فإن المجالات المغناطيسية الناتجة عن الملفات عند نقطة خارج الموصل تكون متعاكسة فتلغي بعضها .

ملاحظات :

- خطوط المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي متوازية و تكون كبيرة جداً , لأنها تمثل المجال الناتج عن كل تيار يمر في كل لفة .
- تكون خطوط المجال خارج اللفات على شكل دوائر مركزها السلك و تجتمع داخل الملف لتعطي مجالاً منتظماً .
- المجال المغناطيسي خارج الملف الحلزوني يساوي صفراً .

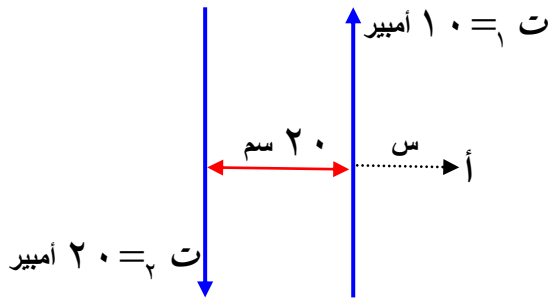
نقطة انعدام المجال المغناطيسي :

اذا تعرضت نقطة لمجالين مغناطيسيين متساويين مقداراً و متعاكسين اتجاهاً فان شدة المجال المغناطيسي الكلي عند تلك النقطة يساوي صفراً .

عندما يكون السلكان متوازيين فان نقطة انعدام المجال (تساوي المجال) تحدد كما يلي :

- اذا كان التياران في الاتجاه نفسه فان نقطة التعادل تقع بينهما و أقرب للتيار الأضعف .
- اذا كان التياران متعاكسين في الاتجاه فان نقطة التعادل تقع خارجهما و أقرب للتيار الأضعف , أما اذا كان التياران متساويين مقداراً و اتجاهياً فلا يوجد نقطة تعادل .

مثال : سلكان لانتهانين الطول البعد بينهما ٢٠ سم يحملان تياران متعاكسين , حدد موقع نقطة الانعدام للمجال المغناطيسي ؟

**الحل :**

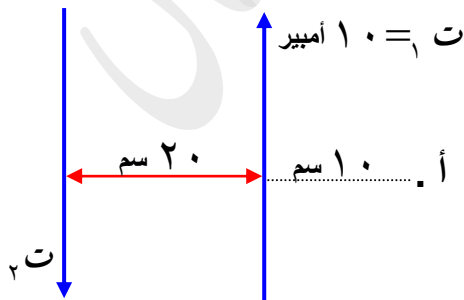
$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2}$$

$$\frac{10}{s + 20} = \frac{20}{s} \Rightarrow 10s = 20(s + 20) \Rightarrow 10s = 20s + 400 \Rightarrow -10s = 400 \Rightarrow s = -40 \text{ cm}$$

تمرين :

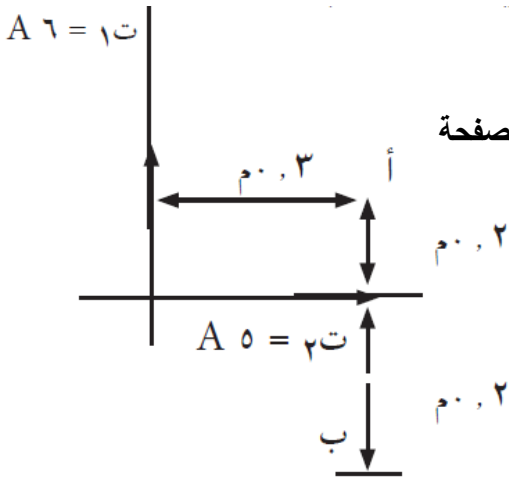
سلكان مستقيمان طويلان , البعد بينهما ٢٠ سم , و يحملان تياران باتجاهين متعاكسين , اذا كانت شدة المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) = صفر , احسب مقدار التيار الكهربائي في السلك الثاني ؟

الحل (٣٠ أمبير)

تمارين و أمثلة على ايجاد المجال المغناطيسي :

مثال :

في الشكل سلكين معزولين لانتهائين الطول مستقيمين متعامدين في مستوى الصفحة ،
جد مقدار المجال المغناطيسي و اتجاهه عند كل من (أ) و (ب) ؟



الحل :

عند النقطة (أ) يوجد مجالين (غ₁) الناشئ عن التيار الأول و (غ₂) الناشئ عن التيار الثاني .

$$غ_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.3} = 4 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \otimes$$

$$غ_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 0.2} = 5 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \odot$$

$$\text{إذا غ محصلة} = غ_1 - غ_2 = 4 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \odot$$

كذلك نجد أنه عند النقطة (ب) يوجد مجالين (غ₁) الناشئ عن التيار الأول و (غ₂) الناشئ عن التيار الثاني .

$$غ_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.3} = 4 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \otimes$$

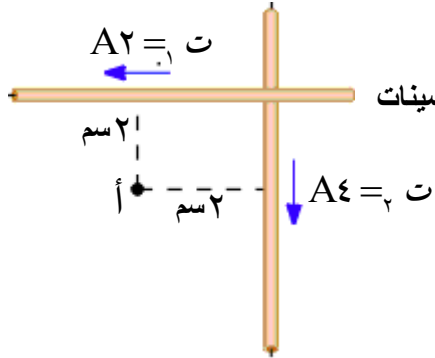
$$غ_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 0.2} = 5 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \otimes$$

$$\text{إذا غ محصلة} = غ_1 + غ_2 = 4 \times 10^{-6} + 5 \times 10^{-6} = 9 \times 10^{-6} \text{ تسلا } \otimes$$



تم ١ - رين :

سلكان لانهايا الطول متعامدين كما في الشكل , بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل أحسب :



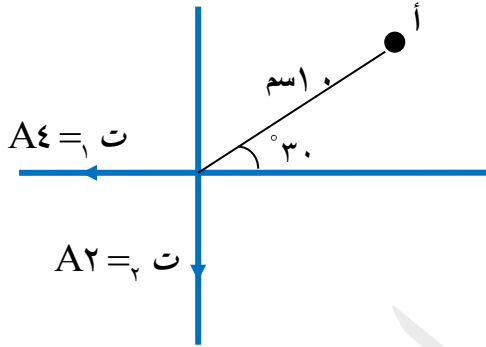
• مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) ؟

• القوة التي يؤثر بها المجال على الكترون يسير بسرعة v م/ث باتجاه السينات

السالب لحظة مروره بالنقطة (أ) ؟

تم ٢ - رين :

سلكان متعامدان لانهايان يسري فيهما تيار كهربائي كما في الشكل المجاور , احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) ؟



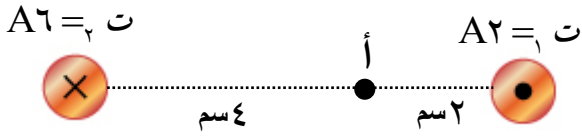
تم ٣ - رين :

سلك مستقيم لانهايا الطول , موضوع في مستوى الورقة باتجاه شرق غرب , و يحمل تياراً مقداره (A_0) نحو الشرق, و مغمور كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B_0) تسلا في اتجاه يتعامد مع سطح الورقة نحو الداخل :

- احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك مقدراً و اتجاهاً .
- فسر منشأ القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك .
- احسب المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (أ) الواقعة جنوب السلك و على بعد r سم منه , مقدراً و اتجاهاً .

تمـ ٤ — رين :

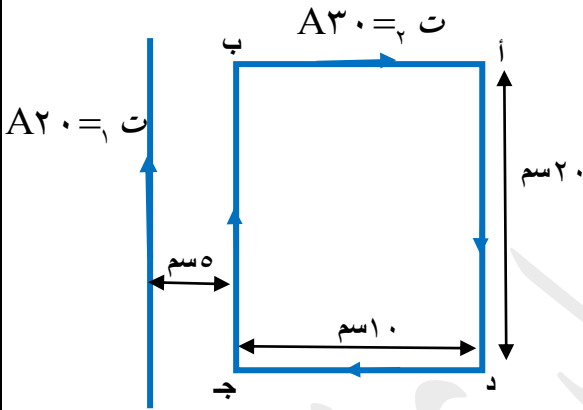
يمثل الشكل سلكان يسري فيهما تياران كهربائيان , من خلال البيانات المثبتة عليه احسب :



- شدة المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) .
- القوة المؤثرة في جسيم شحنته 2×10^{-6} كولوم عند مروره في النقطة (أ) بسرعة 3×10^6 م/ث , باتجاه محور السينات الموجب .
- القوة المؤثرة في الكترون ساكن موضوع عند النقطة (أ) .

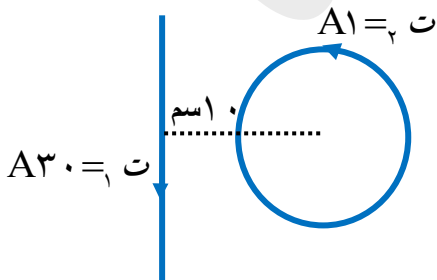
تمـ ٥ — رين :

يسري في السلك المستقيم المبين في الشكل تيار كهربائي شدته 20 A , و في الملف المستطيل الشكل تيار شدته 30 A , احسب القوة المحصلة على الحلقة المستطيلة ؟



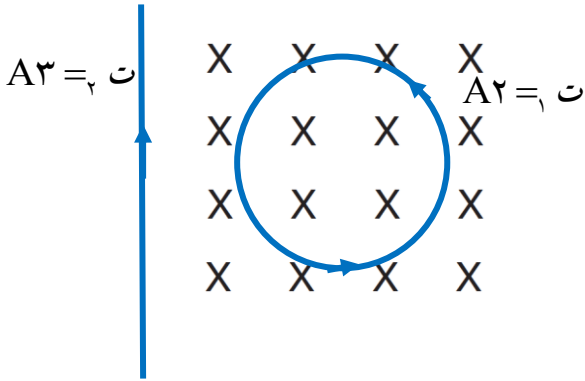
تمـ ٦ — رين :

(هـ و) سلك لانهاضي الطول يحمل تياراً شدته (30 A) يقع على يمينه (وفي مستوى الصفحة) ملف دائري يتكون من ٤ لفات نصف قطره π سم , و يحمل تياراً شدته (1 A) و بعد مركزه 10 سم عن محور السلك , احسب المجال المغناطيسي عند مركز الملف ؟



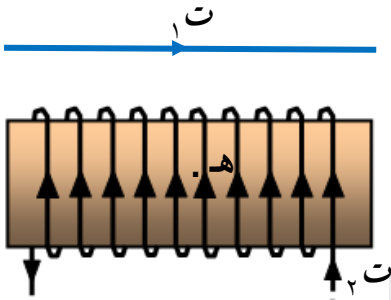
تم ٧ - رين :

في الشكل المجاور غمر ملف دائري نصف قطره ٣ سم , و يتكون من ٣ لفات مع سلك لانهاية يبعد عن مركز الملف ٢٠ سم , في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.3×10^{-1} تسلا كما في الشكل , أوجد المجال المغناطيسي في مركز الحلقة .



تم ٨ - رين :

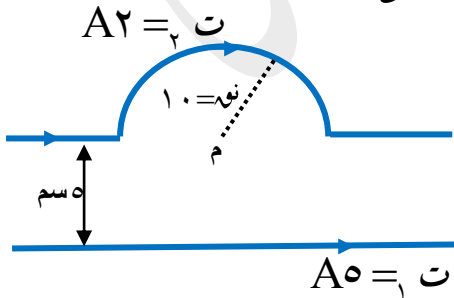
يتكون ملف حلزوني من ٢٠ لفة و يبلغ طوله ١٠ سم , و يحمل تياراً مقداره ٠.٥ أمبير , يجاوره سلك مستقيم طويل يحمل تياراً مقداره ١٠ أمبير و يبعد عن مركز الملف ١ سم , احسب :



- المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة هـ .
- القوة المغناطيسية المحصلة على بروتون يتحرك بسرعة 1×10^6 م/ث باتجاه الناظر لحظة مروره بالنقطة هـ .

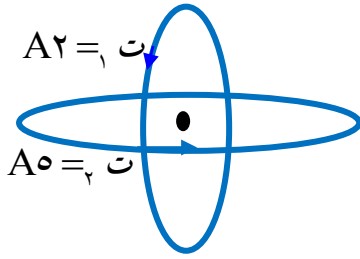
تم ٩ - رين :

في الشكل المجاور جد المجال المغناطيسي عند النقطة (م) مستخدماً القيم المثبتة على الشكل :



تمـ ١٠ رين :

في الشكل المجاور اذا كانت الحلقتين مشتركتين بالمركز , و كان $r_1 = 20 \text{ سم}$, $r_2 = 10 \text{ سم}$, جد :

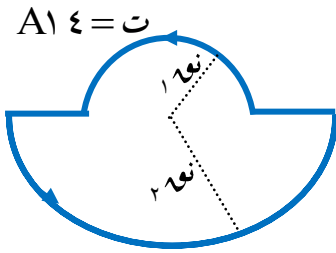


- محصلة المجال المغناطيسي في المركز .
- القوة المؤثرة في شحنة مقدارها $4 \times 10^{-6} \text{ كولوم}$ تسير بسرعة $4 \times 10^6 \text{ م/ث}$, باتجاه اليسار .

تمـ ١١ رين :

في الشكل المجاور اذا علمت أن $r_1 = 5 \text{ سم}$, $r_2 = 2 \text{ سم}$, افرض $\left(\frac{r_2}{r_1} = \pi\right)$, و بالاعتماد على

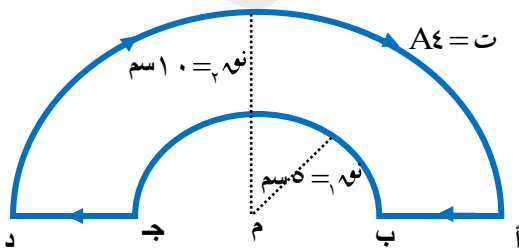
البيانات المثبتة عليه جد كل مما يلي :



- المجال المغناطيسي في المركز .
- القوة المؤثرة في جسيم شحنته 1 نانوكولوم , لحظة مروره في المركز عندما كان يتحرك بسرعة 10^6 م/ث نحو الشرق .

تمـ ١٢ رين :

في الشكل المجاور و بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه جد قيمة المجال المغناطيسي عند النقطة (م) .

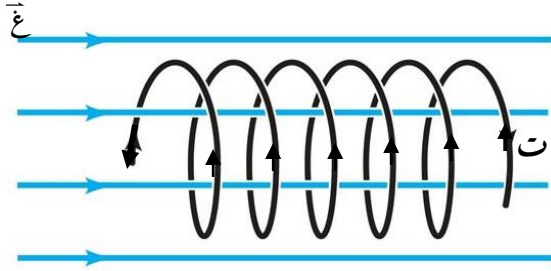


تمـ ١٣ — رين :

ملف حلزوني مغكور كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 9×10^{-3} تسلا باتجاه يوازي محور الملف كما في الشكل , اذا علمت أن عدد لفات الملف ٥٠ لفة و طوله ١١ م و يسري فيه تيار كهربائي مقداره AV , فجد :

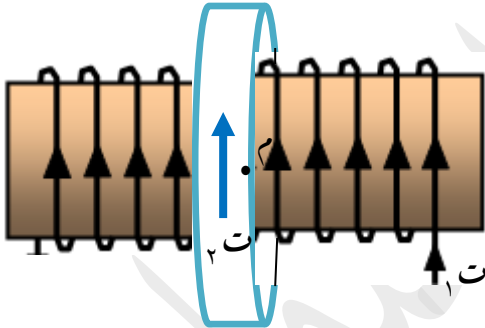
• مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي المحصل في النقطة (هـ) الواقعة على محور الملف $\left(\frac{22}{7} = \pi\right)$.

• مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الكترون يتحرك في مستوى الورقة لحظة مروره في النقطة (هـ) بسرعة 5×10^6 م/ث نحو الشمال .



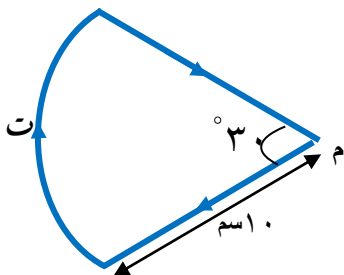
تمـ ١٤ — رين :

ملف لولبي عدد لفاته ٢٥ لفة لكل ١ سم من طوله , يمر فيه تيار كهربائي مقداره A_1 لف حول وسطه ملف اخر دائري مركزه (م) ينطبق على محور الملف اللولبي , فاذا كان عدد لفات الملف الدائري ٤٠ لفة و نصف قطره 2π سم و يمر فيه تيار كهربائي مقداره A_2 بنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي كما في الشكل , احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (م) .



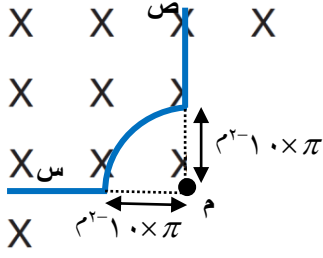
تمـ ١٥ — رين :

في الشكل المجاور , احسب شدة المجال الكهربائي عند (م) علماً بأن التيار الكهربائي المار في السلك (A_2)



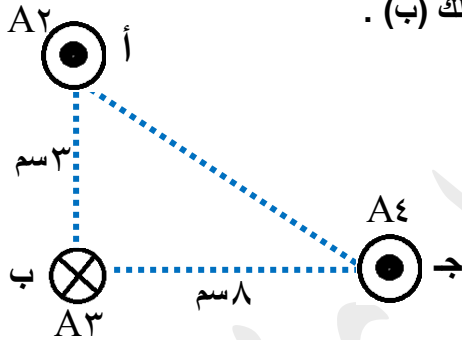
تمـ ١٦ - رين :

يمثل الشكل السلك (س، ص) و يحمل تياراً كهربائياً (ت) و مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(6 \times 10^{-1} \text{ ت})$ تسلا , تتحرك شحنة كهربائية نقطية $(2 \times 10^{-1} \text{ كولوم نحو الشرق})$ بسرعة $(4 \times 10^8 \text{ م/ث})$, احسب مقدار و اتجاه التيار (ت) الذي يجعل تلك الشحنة عند مرورها بالنقطة (م) تتأثر بقوة $(4 \times 10^{-1} \text{ نيوتن نحو الجنوب})$.



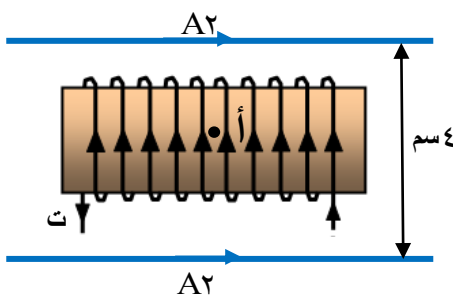
تمـ ١٧ - رين :

في الشكل المجاور ثلاثة أسلاك مستقيمة لانتهائية الطول يسري في كل منها تيار كهربائي , بالاستعانة بالبيانات المدونة على الشكل , احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة أطوال السلك (ب) .



تمـ ١٨ - رين :

سلكان متوازيان لانتهائيان يقعان في مستوى واحد , كل منهما يحمل تياراً كهربائياً مقداره (A_2) , وضع في منتصف المسافة بينهما و بشكل مواز لهما ملف لولبي طوله $(\pi \times 10^{-1} \text{ م})$, و عدد لفاته 100 لفة كما هو موضح في الشكل , فاذا كان المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (أ) الواقعة على محور الملف يساوي $(6 \times 10^{-3} \text{ تسلا})$.



احسب :

- القوة المتبادلة بين السلكين المؤثرة في وحدة الأطوال .
- تيار الملف (ت) .

ملخص قوانين المجال الكهربائي

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة موضوعة في مجال مغناطيسي .

$$v = \text{ش ع غ جا } \theta$$

حساب نصف قطر المسار الذي تسلكه شحنة في مجال مغناطيسي منتظم .

$$r = \frac{L v}{\text{ش ع غ}}$$

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك يسري فيه تيار في مجال مغناطيسي .

$$v = \text{ت ل غ جا } \theta$$

حساب عزم الازدواج المؤثر في ملف يسري فيه تيار في مجال مغناطيسي .

$$\text{عزم الازدواج} = \text{ت ا ه غ جا } \theta$$

قانون (بيو- سافار) حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في موصل .

$$\Delta \text{ غ} = \frac{\mu \text{ت} \Delta \text{ل}}{\pi \text{ر}^2}$$

حساب المجال المغناطيسي لسلك مستقيم لانتهائي الطول يسري فيه تيار كهربائي .

$$\text{غ} = \frac{\mu \text{ت}}{\pi \text{ر}}$$

حساب المجال المغناطيسي لملف دائري يسري فيه تيار كهربائي .

$$\text{غ} = \frac{\mu \text{ت} \text{ن}}{2 \text{ر}}$$

حساب المجال المغناطيسي لملف لولبي يسري فيه تيار كهربائي .

$$\text{غ} = \frac{\mu \text{ت} \text{ن}}{\text{ل}}$$

حساب القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين يسري فيهما تيار كهربائي .

$$v = \frac{\mu \text{ت}_1 \text{ت}_2 \text{ل}}{\pi \text{ر}}$$

حل أسئلة الكتاب كما ورد في دليل المعلم :

(١)

رقم الفقرة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
رمز الإجابة الصحيحة	ج	ج	ب	ب	أ	ب	د	ب	أ	ج

(٢ أ) (١) الغرفة (١): بعيداً عن الناظر.

الغرفة (٢): نحو الناظر.

الغرفة (٣): نحو الناظر.

الغرفة (٤): بعيداً عن الناظر.

(ب) لا تختلف سرعتها، لأن القوة المغناطيسية قوة مركزية متعامدة دائماً مع اتجاه الحركة، لذا لا تبذل شغلاً وبما أن ش = Δ ط فإن التغير في الطاقة الحركية للشحنة يساوي صفراً أي أن الطاقة الحركية تبقى ثابتة، وعليه فإن سرعتها ثابتة لا تتغير.

(٣) عند إغلاق المفتاح يسري تيار كهربائي فيتأثر كل مقطع في السلك بقوة مغناطيسية تكون عمودية على المقطع نحو الداخل فتتكمش الحلقة. بينما عند عكس اتجاه المجال يكون اتجاه القوة باتجاه خارج الحلقة فتتسع ويصبح شكلها دائرياً.

(٤) عند مرور التيار في الملف الدائري يتولد حوله مجال مغناطيسي بحيث يصبح له قطبان، الطرف القريب من الناظر هو قطب شمالي، وبالتالي يحدث تنافر فتبتعد الخلية عن المغناطيس. بينما إذا قرب القطب الجنوبي يحدث تجاذب فتقترب الخلية من المغناطيس.

(٥) $\mu \cdot t = \mu \cdot t$ غ المغلف اللولبي

$$= \frac{35}{2 \cdot 10 \times 1} \times 8 \times 10^{-7} \times \pi \cdot 4 = 10 \times \pi \cdot 1120 \text{ تسلا باتجاه محور الصادات الموجب.}$$

غ المغلف الدائري = $\frac{\mu \cdot t}{2 \text{ نق}}$

$$= \frac{25 \times 12 \times 10^{-7} \times \pi \cdot 4}{2 \cdot 10 \times 6 \times 2} = 10 \times \pi \cdot 100 \text{ تسلا باتجاه محور الصادات السالب.}$$

غ المحصل = $10 \times \pi \cdot 1120 - 10 \times \pi \cdot 100 = 10 \times \pi \cdot 1020$ تسلا باتجاه محور الصادات الموجب.(٦) غ_٢: غ من الملف الخارجي عند المركز ، غ_١: غ من الملف الداخلي عند المركزغ_١ = غ_٢

$$\frac{\mu \cdot t_1}{2 \text{ نق}_1} = \frac{\mu \cdot t_2}{2 \text{ نق}_2}$$

$$\frac{t_1}{\text{نق}_1} = \frac{t_2}{\text{نق}_2}$$

$$\frac{200 \times t_2}{10} = \frac{100 \times 2}{5}$$

ت_٢ = ٢ أمبير، واتجاهه مع عقارب الساعة.

(٧) القوة المؤثرة في الإلكترون - ق = $v \cdot B \cdot \sin \theta$

لكن المجال المغناطيسي الناشئ عن السلك عند النقطة (أ) التي يمر فيها الإلكترون يساوي:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5}{2\pi \times 0.1} = 3.0 \times 10^{-6} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

وعليه فإن: $Q = v \cdot B \cdot \sin \theta$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^6 \times 3.0 \times 10^{-6} \times \sin 90^\circ = 2.4 \times 10^{-10} \text{ نيوتن، باتجاه الصادات الموجب.}$$

وبالتالي فإن الإلكترون سينحرف للأعلى.

وبالتالي فإن الإلكترون سينحرف للأعلى.

$$(٨) B_{\text{السلك}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3.0}{2\pi \times 1.0} = 6.0 \times 10^{-7} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

$$B_{\text{الملف الدائري}} = \frac{\mu_0 I N}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 4}{2 \times 1.0} = 8.0 \times 10^{-7} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

$$B_{\text{المحصل}} = B_{\text{السلك}} + B_{\text{الملف الدائري}}$$

$$= 6.0 \times 10^{-7} + 8.0 \times 10^{-7} = 1.4 \times 10^{-6} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

(٩) أ = ٠,١ م، ب = ٠,٢ م، ت = ٢ أمبير.

$$N = \frac{0.60}{0.36} = \frac{1}{6}$$

$$B_{\text{من اللغة الداخلية}} = \frac{\mu_0 I N}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times \frac{1}{6}}{2 \times 0.1} = \frac{2}{3} \times 10^{-6} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

$$B_{\text{من اللغة الخارجية}} = \frac{\mu_0 I N}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times \frac{1}{6}}{2 \times 0.2} = \frac{1}{3} \times 10^{-6} \text{ ت (بعيداً عن الناظر).}$$

غ من القطعتين المستقيمتين = صفر

$$B_{\text{المحصل}} = \frac{2}{3} \times 10^{-6} - \frac{1}{3} \times 10^{-6} = \frac{1}{3} \times 10^{-6} \text{ ت (نحو الناظر).}$$

$$(١٠) Q = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

$$Q_{\text{أب}} = \frac{3 \times 8 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{(2 \times 1.0 \times 1.0) \times \pi \times 2} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / م. (تنافر).}$$

$$Q_{\text{ج ب}} = \frac{3 \times 3 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{(2 \times 1.0 \times 1.2) \times \pi \times 2} = 1.5 \times 10^{-10} \text{ نيوتن / م. (تنافر).}$$

لكن جتا $\theta = \frac{6}{10} = 0,6$ ، جا $\theta = \frac{8}{10} = 0,8$ ، كما في الشكل (١)

$$\frac{Q_{بص}}{L} + \frac{Q_{جب}}{L} = \frac{Q_{بب}}{L} \text{ المركبات بالاتجاه السيني}$$

$$= 10 \times 1,5 + \frac{Q_{بب}}{L} = 10 \times 4,8 + \frac{Q_{بب}}{L} \text{ نيوتن/م.}$$

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{Q_{بب}}{L} - \frac{Q_{بب}}{L} \text{ المركبات بالاتجاه الصادي}$$

$$= 10 \times 4,8 - \frac{Q_{بب}}{L} = 10 \times 3,84 - \frac{Q_{بب}}{L} \text{ نيوتن/م.}$$

$$\frac{Q_{بب}}{L} = 10 \times 6 = 60 \text{ نيوتن/م.}$$

$$\alpha = 49^\circ \leftarrow \frac{10 \times 4,38}{10 \times 3,84} = \alpha \text{ لاجتاد الاتجاه: ظا}$$

(١١) السلك (أ)

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تنافر إلى أعلى الصفحة).}$$

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تجاذب إلى أسفل الصفحة).}$$

$$\leftarrow \frac{Q_{بب}}{L} = \frac{Q_{بب}}{L} - \frac{Q_{بب}}{L} \text{ (تنافر إلى أعلى الصفحة).}$$

السلك (ب)

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تنافر إلى أسفل الصفحة).}$$

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تنافر إلى أعلى الصفحة).}$$

$$\leftarrow \frac{Q_{بب}}{L} = \text{صفر.}$$

السلك (ج)

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تجاذب إلى أعلى الصفحة).}$$

$$\frac{Q_{بب}}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi r} \text{ (تنافر إلى أسفل الصفحة).}$$

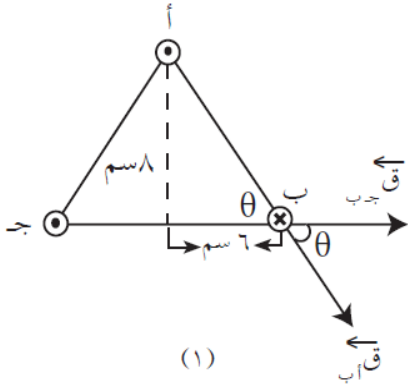
$$\leftarrow \frac{Q_{بب}}{L} = \frac{Q_{بب}}{L} - \frac{Q_{بب}}{L} \text{ (إلى أسفل الصفحة). انظر الشكل المجاور.}$$

(١٢) ق المغناطيسية = ت ل غ جا θ

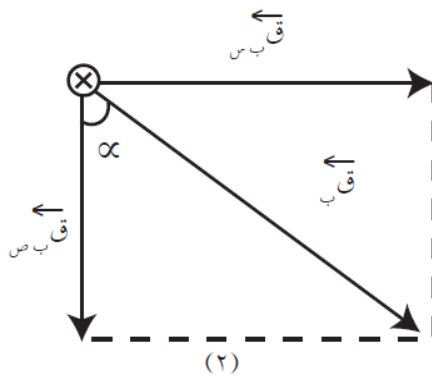
$$= 8,5 \times 125 \times 0,15 \times 0,2 \times 0,9 = 31,8 \text{ نيوتن للأسفل.}$$

$$\text{ق المغناطيسية} = \text{الوزن} = \text{ك} \times \text{ج}$$

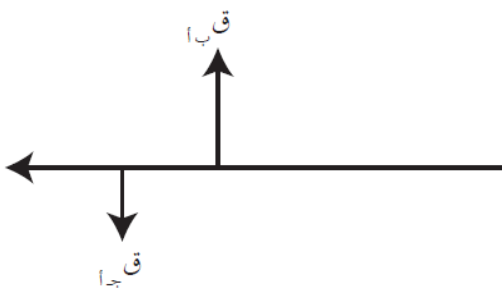
$$31,8 = \text{ك} \times 9,8 \leftarrow \text{ك} = 3,25 \text{ كغ.}$$



(١)



(٢)



ق ب ا

ق ا ب



ق ب ا

ق ا ب



ق ب ا