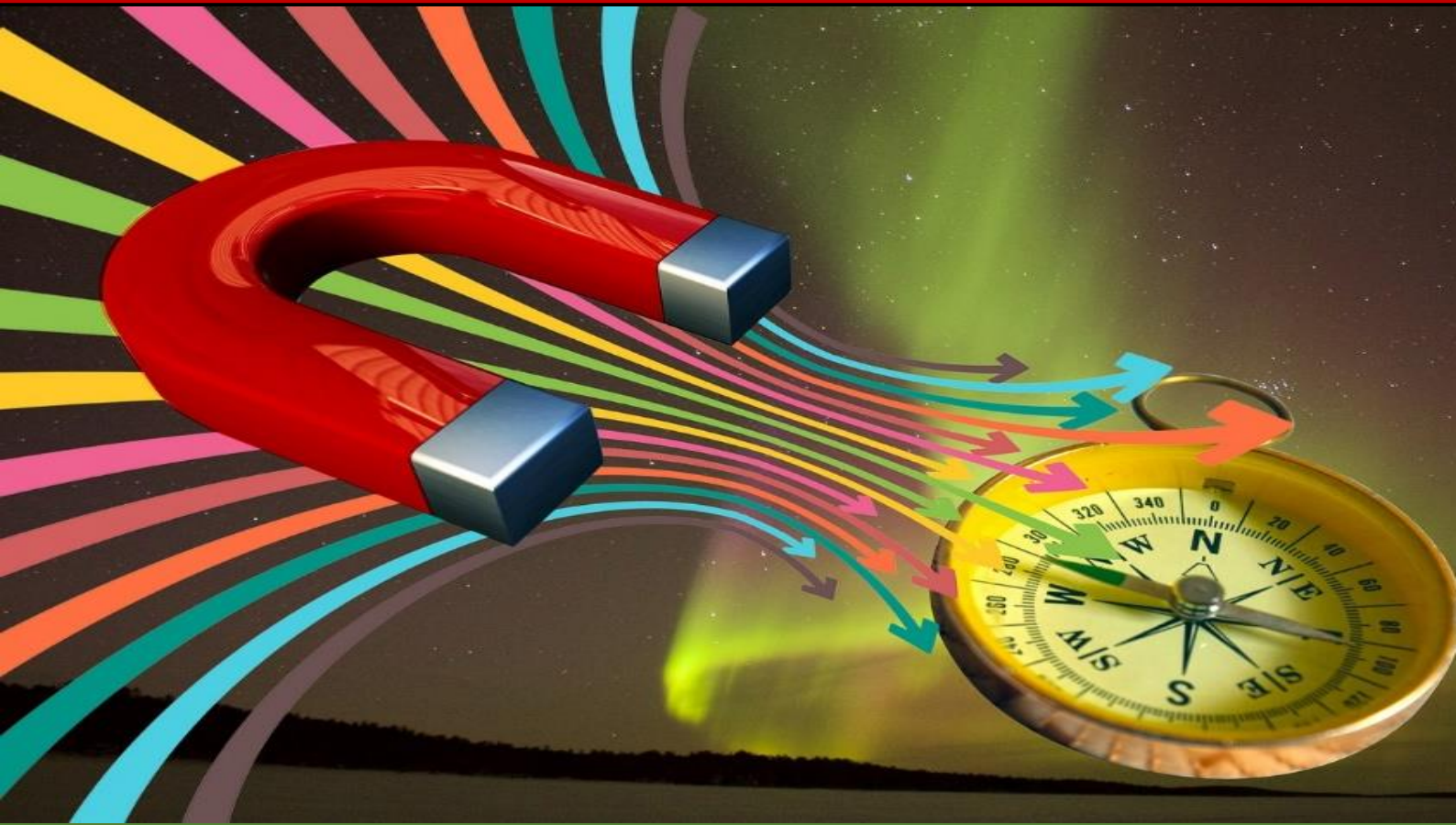


توجيهي جيل 2007

المجال المغناطيسي



المميز في الفيزياء

الفصل الدراسي الأول

المعلم: عبد الفتاح نبيل أبو الحاج

0780199072

فهرس المواضيع

رقم الصفحة	موضوع الصفحة
٢	مقدمة لموضوع الوحدة
٩ - ٣	تأسيس للوحدة
١٢ - ١٠	القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي
١٤ - ١٣	تجربة العالم تسلا
١٨ - ١٥	أسئلة متنوعة
٢٠ - ١٩	حركة جسم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم
٢٥ - ٢١	تطبيقات تكنولوجية وملاحظات هامة
٢٨ - ٢٦	أسئلة متنوعة
٣٠ - ٢٩	ورقة عمل وإجاباتها
٣٣ - ٣١	القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار في مجال مغناطيسي
٣٦ - ٣٤	أمثلة متنوعة
٣٨ - ٣٧	العزم المؤثر في حلقة تحمل تيار في مجال مغناطيسي منتظم
٤٠ - ٣٩	عزم التناطبي المغناطيسي
٤٤ - ٤١	أمثلة متنوعة
٤٦ - ٤٥	تطبيقات تكنولوجية
٤٨ - ٤٧	أسئلة مراجعة الدرس الأول
٥٢ - ٤٩	المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي
٥٧ - ٥٣	أمثلة متنوعة
٦٠ - ٥٨	ورقة عمل وإجاباتها
٦١	التعامل مع الأسئلة المحصلة العكسية للمجال المغناطيسي
٦٥ - ٦٢	أمثلة متنوعة
٦٧ - ٦٦	القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين
٦٩ - ٦٨	أمثلة متنوعة
٧١ - ٧٠	أسئلة مراجعة الدرس الثاني
٧٢	الاثراء والتوسع (التصوير بالرنين المغناطيسي)
٧٨ - ٧٣	أسئلة مراجعة الوحدة وإجاباتها

مقدمة للوحدة

الدرس الأول: القوة المغناطيسية .

الفكرة الرئيسية:

يولد المغناطيسُ حوله مجالاً مغناطيسياً يؤثر بقوة في المواد المغناطيسية وفي الشحنات الكهربائية المتحركة فيه. من أهم تطبيقات هذه القوة: المحرك الكهربائي الذي يستخدم في السيارات الكهربائية التي أصبحت تغزو الأسواق بفعل كفاءتها العالية في تحويل الطاقة وحفاظها على البيئة.

أهداف الدرس:

- 1 أستنتج من التجربة أن المجال المغناطيسي يؤثر في الشحنة المتحركة فيه بقوة، وأصف هذه القوة. أشرح طريقة عمل مطياف الكتلة والسينكروترون معتمداً على خصائص القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية.
- 2 أستنتج من التجربة أن موصل يحمل تياراً كهربائياً موجوداً في منطقة مجال مغناطيسي يتأثر بقوة مغناطيسية. وأصف هذه القوة.
- 3 أصمم غلفانوميتر معتمداً على خصائص القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في موصل يحمل تياراً كهربائياً.
- 4 أصمم محركاً كهربائياً، وأحدد العوامل التي تزيد من سرعة دورانه

المفاهيم والمصطلحات:

مجال مغناطيسي Magnetic Field

تسلا Tesla

مطياف الكتلة Mass Spectrometer

سينكروترون Synchrotron

عزم Torque

الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

الفكرة الرئيسية:

تحققت فائدة كبيرة من استخدام المغناطيس الكهربائي في التطبيقات التكنولوجية الحديثة، فالمجال المغناطيسي الناتج عنه يفوق مجالات المغناط الطبيعية بألاف المرات، واستخدامات المجال المغناطيسي أحدثت تقدماً كبيراً في مجالات إنتاج الطاقة والطب والنقل وغيرها.

أهداف الدرس:

- 1 حلل بيانات تجريبية وأدرس وصفيًا وكميًا المجال المغناطيسي الناشئ عن سريان تيار كهربائي مستمر في كل من: موصل مستقيم طويل، ملف دائري، ملف لولبي.
- 2 أطور رسوماً تخطيطية وتعبيرات لفظية: لأصف شكل خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في كل من: موصل مستقيم طويل، ملف دائري، ملف لولبي.
- 3 أكتب -معتمداً على قانون بيوسافار- معادلات رياضية وأحسب المجال المغناطيسي عند نقطة الناتج عن موصل مستقيم، وعند مركز ملف دائري، وعند مركز ملف لولبي.
- 4 أنفذ استقصاءً عملياً لتعرف خصائص القوة المغناطيسية التي يؤثر بها موصل مستقيم يحمل تياراً في موصل آخر مواز له.

المفاهيم والمصطلحات:

مجال مغناطيسي Magnetic Field

حلقة دائرية Circular Loop

ملف لولبي Solenoid

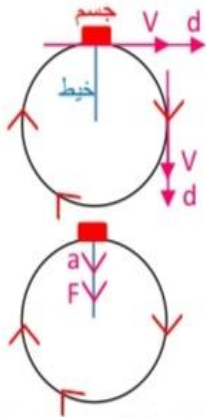
مناطق مغناطيسية Magnetic Domains

تأسيس للوحدة

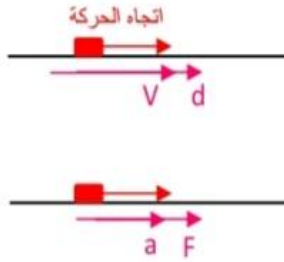
أولاً: علم الحركة:

علم الحركة

الحركة الدائرية



الحركة في خط مستقيم



اتجاه الحركة مع عقارب الساعة
قوة الشد في الخيط نحو المركز

1 السرعة (V) و الازاحة (d) متلازمان اتجاهياً

2 القوة (F) و التسارع (a) متلازمان اتجاهياً

قانون نيوتن الثاني : $F=ma$

إذا اثرت قوة محصلة في جسم اكسبته تسارعاً
يتناسب طردياً مع مقدارها و بنفس الاتجاه

3 القوة و الازاحة غير متلازمان اتجاهياً دائماً

A القوة الموازية $F // d$ مثل الحركة في خط مستقيم

$$+X + X \theta = 0$$

$$W = F d \cos\theta = +$$

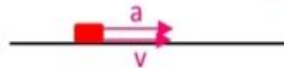
بما أن الشغل موجب فهذا يعني أن هذه القوة تزود الجسم بالطاقة و بالتالي تزداد طاقته الحركية .



$$-X + X \theta = 180$$

$$W = F d \cos\theta = -$$

بما ان اشارة الشغل سالب فهذا يعني ان هذه القوة تسحب طاقة من الجسم يخسر من طاقته.
عندما تكون $F // d$ فإن $a // V$ ويعمل هذا التسارع الموازي للسرعة على تثبيت اتجاه السرعة و

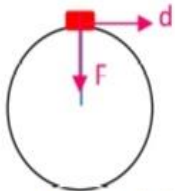


تغيير مقدارها .

B القوة العمودية $F \perp d$ مثل الحركة الدائرية

$$-y + X \theta = 90$$

$$W = F d \cos\theta = 0$$



بما ان الشغل المبذول صفرأ هذا يعني ان الطاقة الحركية للجسم ثابتة اي ان التغير في الطاقة الحركية $\Delta KE=0$

و من العلاقة $\Delta KE = \frac{1}{2} m (V_f - V_i) = 0$ نستنتج أن مقدار سرعة الجسم تبقى ثابتة مقداراً $V_f = V_i$

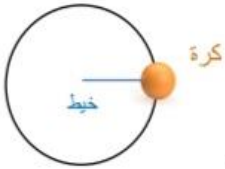
عندما تكون $F \perp d$ فإن $a \perp V$ ويعمل هذا التسارع العمودي على السرعة على تثبيت مقدار

السرعة و تغير مستمر (بشكل لحظي) في الاتجاه لذلك يسلك الجسم مساراً دائرياً .

وجه المقارنة	القوة الموازية	القوة العمودية
الشغل المبذول	تبذل شغلاً على الجسم	لا تبذل شغل على الجسم
ΔKE	تغير من الطاقة الحركية للجسم $w = \Delta KE$	لا تغير من الطاقة الحركية $W = \Delta KE = 0$
مقدار سرعة الجسم	تغير من مقدار سرعة الجسم $V_f \neq v_i$	لا تغير من مقدار سرعة الجسم $V_f = v_i$
اتجاه سرعة الجسم	تحافظ على اتجاه حركة الجسم السابقة او تعكس اتجاه حركته	تغير اتجاه حركة الجسم بشكل مستمر
مثال	القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موضوعه في مجال كهربائي منتظم	القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي منتظم

موضوع
در استننا

4 الحركة الدائرية المنتظمة



يبين الشكل كرة مربوطة بخيط تدور في مسار دائري بسرعة ثابتة مقداراً

لكنها متغيرة اتجاهها يطلق على الحركة في هذه الحالة اسم **الحركة الدائرية المنتظمة**.

يمتلك الجسم في الحركة الدائرية تسارعاً مركزياً يرمز له بالرمز (a_c) ويكون اتجاهه دائماً نحو مركز

المسار الدائري ويؤدي الى تغير في اتجاه السرعة و يعطى بالعلاقة :

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

مربع سرعة الجسم \rightarrow
نصف قطر المسار الدائري \rightarrow

لذلك اي جسم يسلك مساراً دائرياً يخضع لتأثير قوة مركزية تعطى بالعلاقة الاتية :

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

مثال توضيحي: تؤثر قوة شد في حجر كتلته ($\frac{1}{2}$ kg) كما في الشكل اذا علمت ان سرعة الحجر (2m/s) و ان طول

الخيط (0.5m) جد: (1) قوة الشد (T) (2) تسارع الحجر (a_c)



$$1) T = F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{\frac{1}{2}(2)^2}{\frac{1}{2}} = 4N \text{ نحو المركز}$$

$$2) T = F_c = ma_c \quad a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{4}{\frac{1}{2}} = 8m/s^2 \text{ نحو المركز}$$

$$\text{OR } a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(2)^2}{\frac{1}{2}} = \frac{4}{\frac{1}{2}} = 8 m/s^2$$

المجال الكهربائي

ثانياً: المجال الكهربائي:

عندما تؤثر القوة في الأجسام من دون حصول تلامس (تأثير عن بعد) تصنف هذه القوة بأنها قوة مجالات تكون صادرة عن مجالات مختلفة مثل المجال الكهربائي و المجال المغناطيسي و مجال الجاذبية .

المجال الكهربائي Electric Field: وهو خاصية للحيز المحيط بالجسم المشحون، ويظهر في هذا الحيز تأثير المجال على شكل قوى كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى. والمجال الكهربائي من الكميات الفيزيائية المتجهة، نُعبّر عنه بالمقدار والاتجاه.

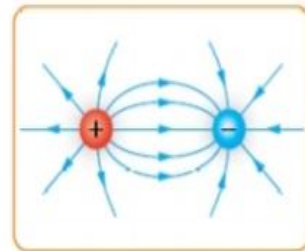
خطوط المجال الكهربائي:



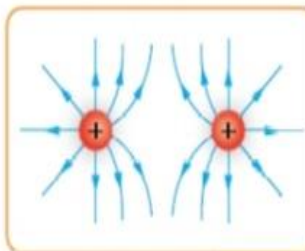
(i)



(ب)



(ج)



(د)

1 - تدلّ كثافة خطوط المجال الكهربائي التي تخترق سطحاً محدداً على شدة المجال الكهربائي، ويُقصد بكثافة خطوط المجال الكهربائي **Density of Electric Field Lines** أنها عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة من هذا السطح بشكل عمودي عليه؛ أي إنّ شدة المجال الكهربائي تزداد حيثما تتراحم خطوط المجال.

2 - تبدأ خطوط المجال من الشحنة الموجبة وتنتهي إلى الشحنة السالبة؛ لأنها تمثل مسار حركة شحنة الاختبار الموجبة داخل المجال، بسبب تنافرها مع الشحنة الموجبة وتجاذبها مع الشحنة السالبة.

3 - تكون خطوط المجال الكهربائي مستقيمة أو منحنية لكنها لا تتقاطع، إذ لو تقاطع خطان لأصبح للمجال أكثر من اتجاه عند نقطة التقاطع، وهذا يتعارض مع مفهوم المجال عند نقطة.

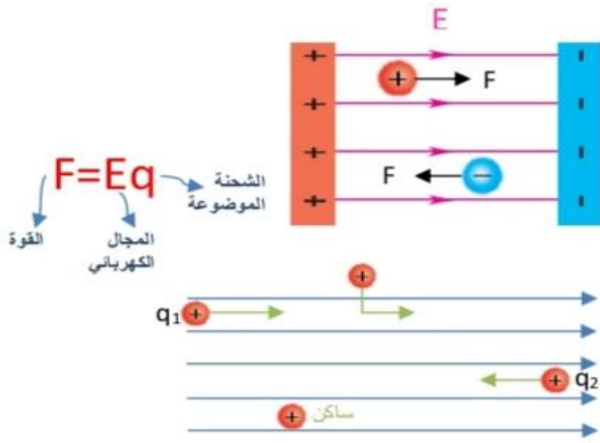
4 - خطوط وهمية غير مغلقة تخرج من الشحنة ولا تعود إليها إذا كانت موجبة و تدخل للشحنة السالبة ولا تخرج منها .



القوة الكهربائية والمجال الكهربائي

قواعد هامة:

- الشحنة الموجبة تتأثر بقوة تحركها مع اتجاه المجال
- الشحنة السالبة تتأثر بقوة تحركها عكس اتجاه المجال



القوة الكهربائية دائماً موازية لاتجاه المجال الكهربائي كما أن المجال الكهربائي يؤثر في كل من الشحنات الساكنة والمتحركة، لذلك فالقوة الكهربائية تبذل شغل و بالتالي تغير من الطاقة الحركية للجسام المشحونة سواء زيادة أو نقصان و بالتالي تغير من مقدار سرعتها لذلك يستخدم المجال الكهربائي لتسريع الجسيمات المشحونة و من التطبيقات العلمية عليه مسارع السينكروترون.

$$F = Eq$$

الشحنة الموضوعية

المجال الكهربائي

القوة

Q1 $\frac{F}{d} = + \Delta KE$ a: يتسارع $V_f > V_i$

Q2 $\frac{F}{d} = - \Delta KE$ a: يتباطى $V_f < V_i$

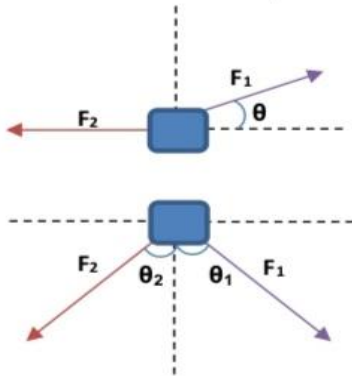
المتجهات

ثالثاً: المتجهات وإيجاد محصلة القوة:

إيجاد محصلة عدة متجهات من نفس النوع (قوة F، مجال كهربائي E، مجال مغناطيسي B) يؤثران في نقطة أو جسم، هو عملية استبدال لجميع تلك المتجهات المؤثرة بمتجه واحد فقط له مقدار واتجاه يكافئ تأثيرهم جميعاً.

❖ من الأمثلة على الكميات المتجهة (القوة) وتكون إيجاد محصلة القوة (Fr) من خلال ثلاث حالات.

الحالة الثالثة:
محصلة متجهان احدهما ع الأقل مائل الزاوية بينهم مش (0 أو 180) و مش (90)

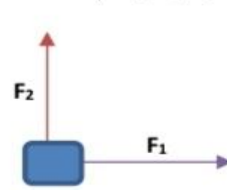


خطوات ايجاد محصلة المشمش:

1) نحلل كل متجه الى مركبتين

2) نوجد محصلة كل من X و y
ملاحظة: في حالة نتج محصلة على المحور x ومحصلة على محور y نطبق التعامد بعد التحليل.

الحالة الثانية:
محصلة متجهان متعامدان الزاوية بينهم (90)



تعامد مباشر:

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \text{ : المقدار}$$

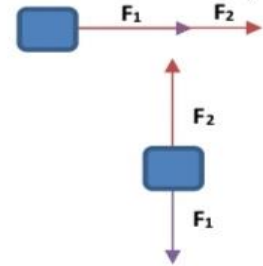
تعامد بعد التحليل:

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} \text{ : المقدار}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \right) \text{ : الاتجاه}$$

θ : محصورة بين المجاور و F

الحالة الأولى:
محصلة متجهان على استقامة واحدة الزاوية بينهم 0 أو 180



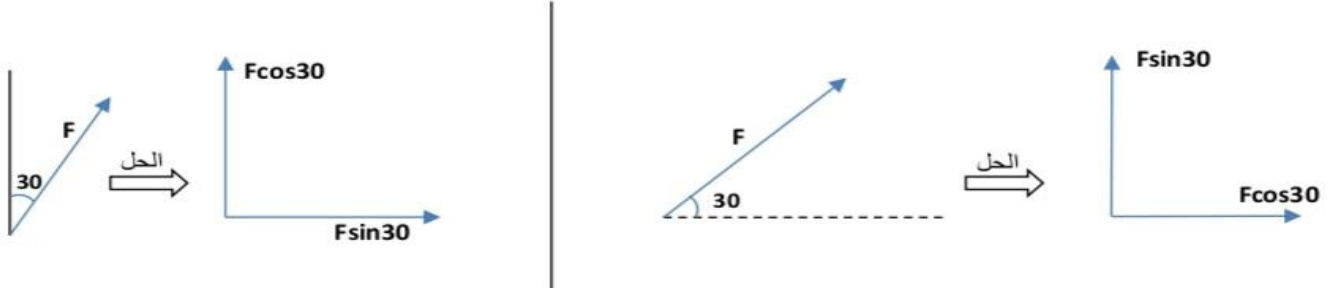
المتجهان بنفس الاتجاه:
المقدار: $F_R = F_1 + F_2$
الاتجاه: بنفس الاتجاه

المتجهان متعاكسان:
المقدار: $F_R = F_{\text{أكبر}} - F_{\text{أصغر}}$
الاتجاه: باتجاه F الأكبر

تحليل المتجهة المائل

المتجهة المائل: هو المتجهة له تأثير على محور السينات ومحور الصادات تلجا الى علم النسب والمهارات المثبتية لفصل كل تأثير على حدا.

القاعدة (الطريقة): يحلل الى مركبتين (y,x) المحور الي الزاوية مصنوعه معه هو الي بنعطيه $\cos\theta$ و الاخر $\sin\theta$.



رابعاً: الاتزان السكوني:

الاتزان السكوني

نستدل على أن فكرة السؤال مبنية على الاتزان عندما يذكر السؤال

- جسم متزن
- إذا علمت ان القوة المحصلة على الجسم صفر
- مشاهدة خيوط و جسم معلق

خطوات الحل على الاتزان **A** ثم **B**

A نهم بالاتزان فقط

قبل النظر الى المطلوب هنالك 3 حركات:

1. **نخطط** جميع القوى المؤثرة في الجسم

2. **ندلل** أي قوة مائلة ان وجدت

3. **نجهز** معادلات الاتزان

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_{-x} = \sum F_{+x}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \sum F_{-y} = \sum F_{+y}$$

:Note

B نهم بالمطلوب في السؤال

و نستفيد من معادلات الاتزان والقوانين المناسبة

لايجاد المطلوب :

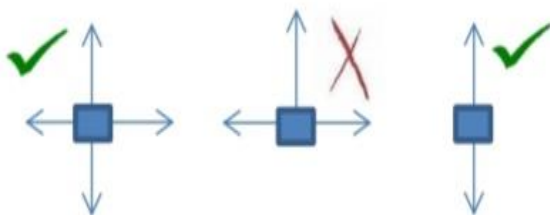
تذكر: ✓ قوة الوزن للأسفل $F_g = mg$

✓ قوة الشد (T) نحو لا يوجد لها: T

نقطة التعليق دائماً قانون

T: اما تعطى لكن يتم حذفها من المعادلتين او بتكون

هي المطلوبة .



لضمان التخطيط السليم لجميع القوى بعد
اجراء الخطوتان 2 و3 يجب الحصول على قوى
متقابلة (متعاكسة).

مثال للتوضيح

صفيحتان متوازيتان احدهما موجبة والاخرى سالبة كما في الشكل اذا اتزنت كرة صغيرة مشحونة بشحنه مقدارها

$$E = \frac{F_E}{q} \quad (q=2 \times 10^{-6} \text{c}) \quad \text{وكتلتها } \sqrt{3}k \text{g}$$

3. نجهز معادلتى الاتزان:

$$\begin{array}{l|l} \sum F_x = 0 & \sum F_y = 0 \\ T \sin 30 = F_E & T \cos 30 = F_g \end{array}$$

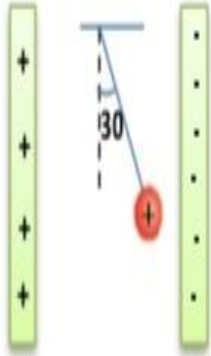
بقسمة المعادلتين نوجد قيمة F_E

$$F_E = F_g \tan 30$$

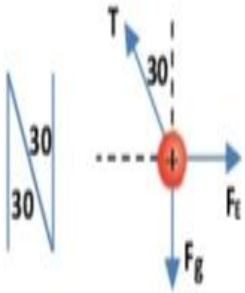
$$= mg \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right) = \sqrt{3} (10) \frac{1}{\sqrt{3}}$$

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

$$E = \frac{F_E}{q} = \frac{10}{2 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^6 \text{ N/C}$$



الخطوة A



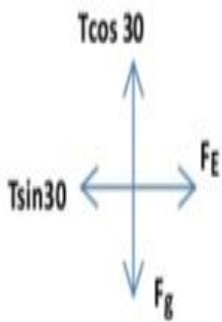
1 نخطط

الخطوة B

$$T \sin 30 = F_E$$

$$T \cos 30 = F_g$$

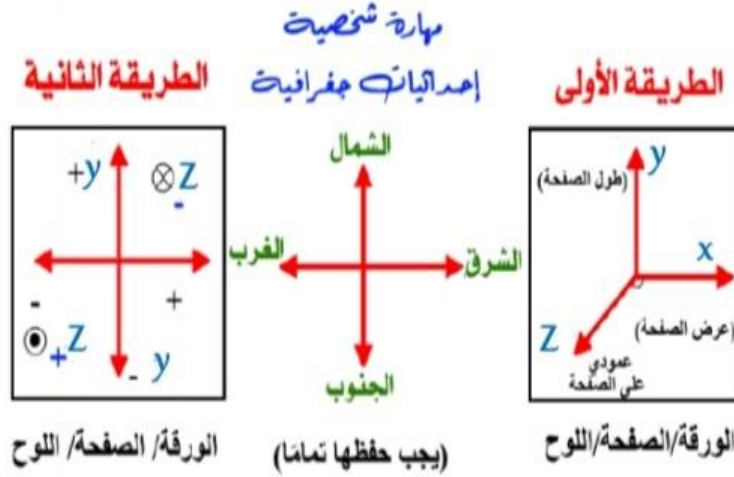
$$\tan 30 = \frac{F_E}{F_g}$$



2 نحلل

خامساً: نظام الإحداثيات (3D)

قوانين المغناطيسية تحتوي على ثلاث كميات متجهة لذلك يجب أن نتذكر نظام الإحداثيات (ثلاثي الأبعاد) حيث يعبر عنه بطريقتين هما:



عمودي على الصفحة محور الزينات (z)		عرض الصفحة محور السينات (x)		طول الصفحة محور الصادات (y)	
نحو الداخل مبتعد عن الناظر	نحو الخارج مقرب من الناظر	يسار الصفحة/ غرب	يمين الصفحة/ شرق	أسفل الصفحة/ جنوب	أعلى الصفحة/ شمال
<p>B</p> <p>للداخلك نحو (-Z) أكن: محور سالب</p>	<p>B</p> <p>نقطة ملاحظة</p> <p>نحو (+Z)</p>	<p>نحو (-X)</p>	<p>نحو (+X)</p>	<p>B</p> <p>نحو (-y)</p>	<p>B</p> <p>نحو (+y)</p>

تذكر عزيزي الطالب: دائماً المحاور الثلاثة متعامدة مع بعضها البعض حيث إذا كان اتجاه المجال مثلاً عمودي على الصفحة للخارج مقرب من الناظر فإن جميع الاتجاهات المنطبقة على مستوى الصفحة تعامد المجال مثلاً جسيم متحرك (V) في منطقة مجال (B)

<p>B</p> <p>210 للخارج</p> <p>V</p>	<p>B</p> <p>30 للخارج</p> <p>V</p>	<p>B</p> <p>60 للخارج</p> <p>V</p>	<p>B</p> <p>V</p>	<p>B</p> <p>V</p>	رسمة السؤال
$90 = \theta$	$90 = \theta$	$90 = \theta$	$90 = \theta$	$90 = \theta$	مهارة شخصية
بين \vec{B} و \vec{V}	بين \vec{B} و \vec{V}	بين \vec{B} و \vec{V}	بين \vec{B} و \vec{V}	بين \vec{B} و \vec{V}	معرفة (θ)

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي

أولاً: المجال المغناطيسي.

تعرف الإنسان على المغناطيسية؛ فمعدن المنغنيت مادة ممغنطة طبيعية، عندما علقت قطعة منها تعليقاً حراً في الهواء أخذت تدور حتى استقرت باتجاه شمال-جنوب؛ لذلك صنع منها الصينيون القدماء وشعوب الفايكنغ البوصلة واستخدموها في الملاحة.

مصادر المغناطيس: (١) طبيعي: حجارة المغناطيس (معدن المنغنيت)

(٢) صناعي: (أ) دائم: مواد قابلة للمغنط.

(ب) مؤقت: عند مرور تيار كهربائي في الموصل.

المغناطيس الدائم:

تُصنع المغناطيس الدائمة من مواد قابلة للتغنط مثل؛ الحديد، والنيكل والكوبالت، والنيوديميوم، حيث تُسمى مواد مغناطيسية.

لكل مغناطيس قطبان: **قطب شمالي (N) North Pole** ، و**قطب جنوبي (S) South Pole**.

عند تعليق مغناطيس مستقيم بحيث يكون حر الدوران؛ فإن قطبه الشمالي يشير نحو الشمال، بينما يشير قطبه الجنوبي نحو الجنوب. تجدر الإشارة إلى أن القطب المغناطيسي الشمالي للأرض يقع بالقرب من قطبها الجغرافي الجنوبي، والعكس صحيح.

توجد أقطاب المغناطيس دائماً على شكل أزواج؛ شمالي وجنوبي، ولا يوجد قطب مغناطيسي منفرد، على خلاف الشحنات الكهربائية، حيث يمكن أن توجد شحنة مفردة؛ موجبة أو سالبة.

يؤثر المغناطيس بقوة عن بعد في أي قطعة من مادة مغناطيسية قريبة منه؛ وبذلك فإن القوة المغناطيسية قوة تأثير عن بعد (مثل قوة الجذب الكتلّي، والقوة الكهربائية).

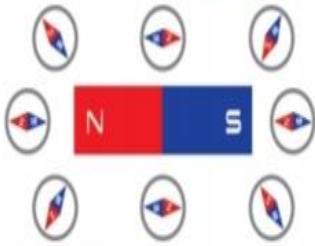
تعريف المجال المغناطيسي: خاصية للحيز المحيط بالمغناطيس ويظهر في هذا الحيز تأثير المغناطيس على شكل قوى مغناطيسية تؤثر في المغناط الأخرى والمواد المغناطيسية.

- المجال المغناطيسي كمية متجهة.
- يرمز للمجال المغناطيسي بالرمز (B).
- يقاس المجال المغناطيسي بوحدة تسلا (T) (tesla).

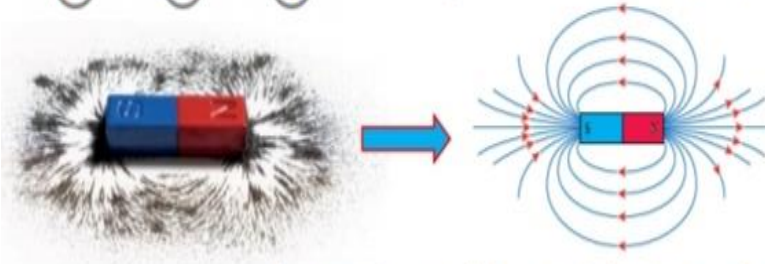
خطوط المجال المغناطيسي: المجال المغناطيسي كمية متجهة حيث يمثل المجال المغناطيسي بخطوط تعبر عن مقداره واتجاهه.

البوصلة: تحديد اتجاه المجال عند نقطة بوضع بوصلة صغيرة عند تلك النقطة فتشير ابرتها الى اتجاه

المجال

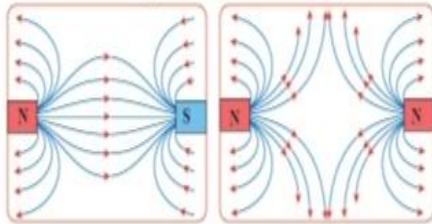


برادة الحديد: تستخدم برادة الحديد لترسم خطوط المجال المغناطيسي



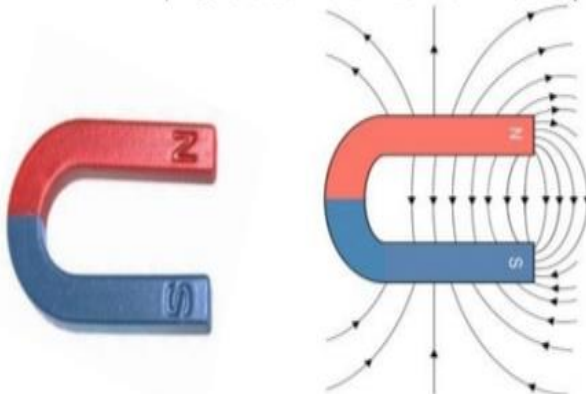
عند تقريب مغناطيسين من بعضهما بعضاً، بحيث يتقابل منهما قطبان متشابهان، أو مختلفان؛ فإن الأقطاب المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب، وينشأ مجال مغناطيسي مُحصل عند كل نقطة في منطقة المجال؛ كما يبين الشكل.

ملاحظة



أرسم خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس على شكل حرف (U) المئين بالرسم.

سؤال

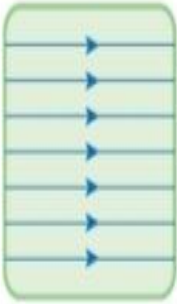


خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

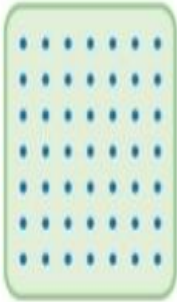
- خطوط وهمية مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي.
- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأن المجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة، يحدد باتجاه المماس لخط المجال.
- يعبر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها.

المجال المغناطيسي المنتظم:

المجال المغناطيسي المنتظم



(أ)



(ب)



(ج)

يكون المجال المغناطيسي المنتظم Uniform magnetic field ثابتاً في المقدار

والأتجاه عند النقاط جميعها في منطقة المجال، ويمثل بخطوط مستقيمة متوازية

؛ تكون المسافات بينها متساوية، كما يبين الشكل (أ)، ويمثل بمجموعة نقاط

(رأس سهم يتجه نحو الناظر) مرتبة بانتظام؛ عندما يكون عمودياً على الصفحة

وكأنه خارج منها نحو الناظر، كما في الشكل (ب) ويمثل بمجموعة إشارات

ضرب (ذيل سهم يتجه بعيداً عن الناظر) مرتبة بانتظام؛ عندما يكون عمودياً

على الصفحة وكأنه داخل فيها مبتعداً عن الناظر، كما يبين الشكل (ج).

ثانياً: القوة المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي.

1 تجربة العالم تسلا:

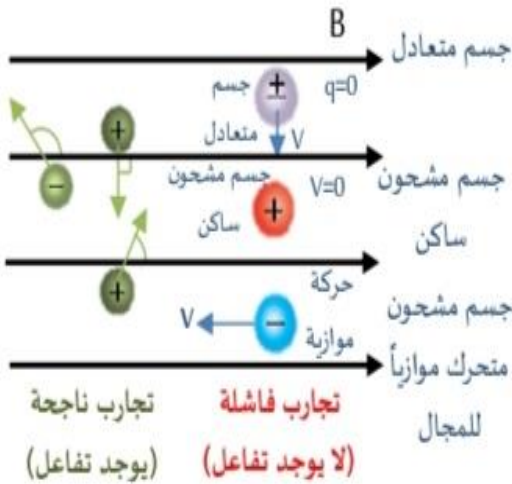
توصل العالم تسلا الى أنه يتأثر الجسم بقوة مغناطيسية عندما يكون في مجال مغناطيسي إذا تحققت ٣ شروط:

الشرط الأول: أن يكون الجسم مشحون.

الشرط الثاني: أن يكون الجسم متحرك.

علمياً عندما يولد مجال مغناطيسي يتفاعل مع مجال المغناطيسي الأساسي الذي يتحرك فيه.

الشرط الثالث: ألا تكون حركة الجسم موازية لاتجاه المجال المتحرك فيه من أجل حدوث التفاعل بين المجالين.



وجد انه اذا تحققت هذه الشروط الثلاثة معاً فإن لجسم يتأثر بقوة مغناطيسية تعمل على تغيير اتجاه مسار حركته (أي تؤثر في اتجاه سرعته و لا تؤثر في مقدار تلك السرعة).

تلخيص تجربة العالم تسلا

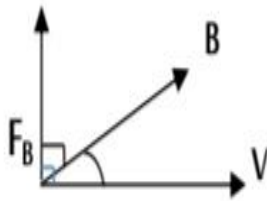
جسم مشحون ($q \neq 0$) اذا تحرك ($v \neq 0$) في منطقة مجال مغناطيسي (B) باتجاه لا يوازي اتجاه المجال المغناطيسي يعني θ المحصورة بين اتجاه v و B $\theta \neq 180$ $\theta \neq 0$ فإن الجسم سيتأثر بقوة مغناطيسية (F_B).

وجد من التجربة أنه :

- يتناسب مقدار القوة المغناطيسية طردياً مع كل من شحنة الجسيم (q) ومقدار سرعته (V) ومقدار المجال المغناطيسي (B)
- يعتمد اتجاه القوة المغناطيسية على اتجاه سرعة الجسيم واتجاه المجال المغناطيسي وعلى نوع شحنة الجسيم .
- يمكن تمثيل النتائج التجريبية السابقة باستخدام الضرب المتجهي حسب العلاقة الرياضية التالية

$$F_B = qV \times B$$

حيث يشير الرمز:



F_B : متجه القوة المغناطيسية الذي يكون دائماً عمودياً على كل من :

(B) : متجه المجال المغناطيسي و (V): متجه السرعة

اتجاهاً

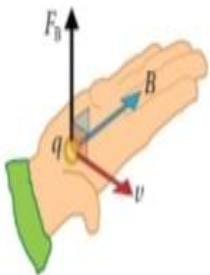
القوة المغناطيسية المؤثرة في

جسم مشحون متحرك في مجال

مغناطيسي

مقداراً

$$F = qVB \sin \theta$$

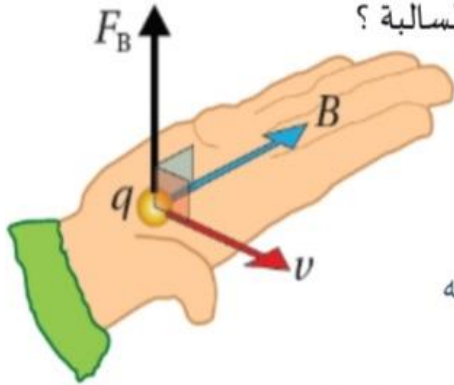


قاعدة اليد اليمنى

أسئلة متنوعة

سؤال

وضح كيف تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية موجبة عندما تتحرك داخل مجال مغناطيسي و كذلك الشحنة السالبة ؟
تبسط اليد اليمنى بحيث :



نثبت أولاً: يشير اتجاه الاصابع الاربعة الى اتجاه المجال المغناطيسي

نوجه ثانياً: يشير اتجاه الابهام الى اتجاه السرعة

نحرك ثالثاً: يحدد اتجاه القوة بسهم يخرج من باطن الكف و يكون عمودياً عليه (ضع قلم بين الاصابع و كأنه السهم) .

نوع الشحنة عندما تكون الشحنة المتحركة (سالبة) فإننا نعكس اتجاه القوة المغناطيسية (اتجاه القلم) او نستعمل اليد اليسرى و نعتمد اتجاه القلم .

Note

سؤال

جسيم شحنته ($2 \times 10^{-6} \text{C}$) يتحرك بسرعة ($4 \times 10^6 \text{ m/s}$) نحو الشرق في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (3 T) عمودي على الصفحة للداخل جد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم.

المعطيات : $q = 2 \times 10^{-6} \text{c}$ $V = 4 \times 10^6 \text{m/s} + X$ $B = 3 \text{T} \otimes$

كل وحدة على محور $V \perp B$ $\theta = 90$

المطلوب : F_B مقداراً و اتجاهاً

Note عند تحديد الاتجاه يا بتمثل الاتجاهات الي في المعطيات بالرسم أو بتحتها فوق القانون



$$F_B = q^+ V^+ \otimes B \sin \theta$$

لما يكون المحور -Z حط الذيل داخل

دائرة \otimes عشان ما تخربط مع محور

X

هاي احسن للناس الي ممكن تخربط
بين X المحور و بين X ذيل السهم
لما يكون المحور Z

حسب قاعدة اليد اليمنى +y نحو ، $F_B = qVB \sin \theta = 2 \times 10^{-6} (4 \times 10^6) (3) (1) = 24 \text{ N}$

Note بما انه $F \perp V^+ \otimes$ و $F \perp B^+ \otimes$ فأكيدرح تكون على المحور الثالث و هو محور y

سؤال

جسم شحنته ($2 \times 10^{-6} \text{C}$) يتحرك بسرعة $4 \times 10^6 \text{m/s}$ نحو الشرق عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 24mN نحو الشمال جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي .

$$F_B = qVB \sin\theta \Rightarrow 24 = 2 \times 10^{-6} (4 \times 10^6) B(1) \quad B=3T$$

أکید على Z حسب اليد اليمنى (-Z) أي \otimes

$$F_B = qV B \sin\theta$$

سؤال

جسم شحنته ($2 \times 10^{-6} \text{C}$) يتحرك عمودياً باتجاه عمودي على اتجاه مجال مغناطيسي مقدارها $3T$ نحو محور (-Z) فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 24N نحو الشمال جد مقدار واتجاه سرعة الجسم .

$$F_B = qVB \sin\theta \Rightarrow 24 = 2 \times 10^{-6} V (3) (1)$$

أکید على (X) و بتطبيق اليد اليمنى يكون اتجاه السرعة (+X) نحو الشرق

$$V = 4 \times 10^6 \text{m/s}$$

$$F_B = qV B \sin\theta$$

سؤال

حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم المشحون لحظة دخوله منطقة المجال المغناطيسي المنتظم في كل من الحالات التالية :

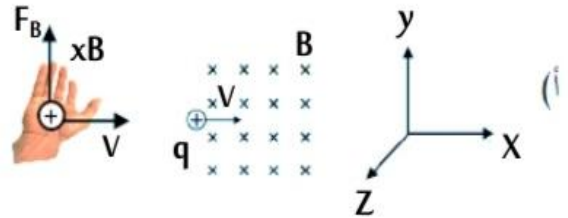
قبل تطبيق قاعدة اليد اليمنى يجب أولاً اختيار المحور المعامد لكل من محور (X و Z) وهو محور (y) الآن :

$F_B \perp (V \text{ و } B)$ دائماً . يفضل دائماً كتابة أعلى القانون لزيادة الدقة و التركيز ثم نطبق الأربع خطوات:

$$F_B = q_+ V B \sin 90$$

نعتمد y +x -z

- (1) نثبت الأصابع داخل الصفحة نحو المجال $B(x)$
- (2) نوجه الإبهام الي يمين الصفحة (+X)
- (3) حركة الكف (أو القلم) يكون نحو (+y)
- (4) +q موجبة نعتمد النتيجة $F_B = +y$



$$Z \text{ -X } +y \text{ نعكس}$$

$$F_B = q \cdot V \cdot B \sin 90$$

(1) نثبت الأصابع نحو طول الصفحة بشكل منطبق على

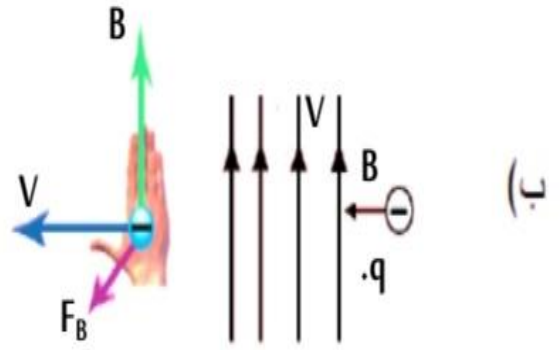
الصفحة لأعلى (+y)

(2) نوجه الإبهام نحو عرض الصفح اليسار (-X)

(3) حركة الكف تكون نحو (Z) عمودي داخل للصفحة

(4) q- سالبة نعكس النتيجة فيكون F_B نحو +X

F_B اجباري محور Z \perp (y, X)



$$Z \text{ مائل (y x) } +y \text{ نعتمد}$$

$$F_B = q \cdot V \cdot B \sin 30$$

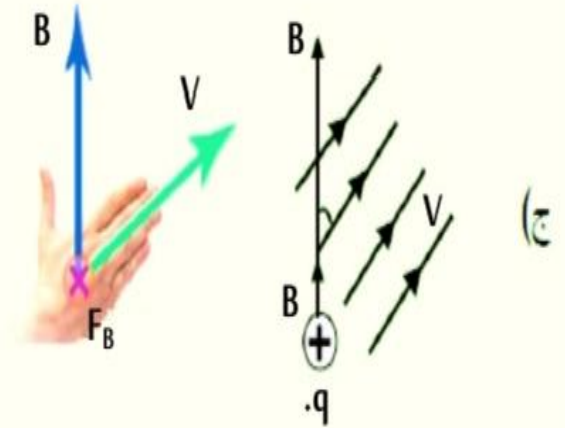
(1) نثبت الأصابع منطبقة على الصفحة ومائلة كما في الشكل

(2) نوجه الإبهام نحو (+y) أعلى الصفحة .

(3) نحرك الكف (القلم) نحو (-Z) \otimes

(4) q+ موجبة نعتمد النتيجة فيكون F_B نحو -Z

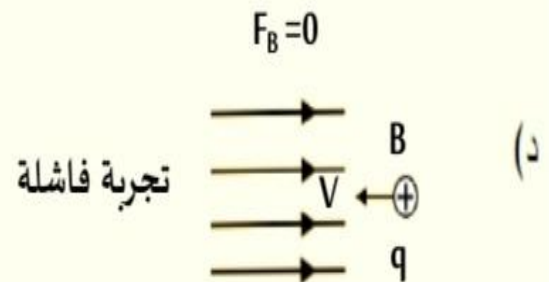
$F_B \perp$ و V و B (المستوى x y)



$$X \text{ نعتمد -X } +X$$

$$F_B = q \cdot V \cdot B \sin 180 = 0$$

حركة موازية لم تخترق و تقطع خطوط المجال



سؤال

معتمداً على العلاقة الرياضية التي تستخدمها في حساب مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر

بها مجال مغناطيسي في شحنة متحركة فيه

أولاً: استنتج العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة و بين نوع العلاقة :

$$F_B = qVB\sin\theta$$

من العلاقة

(1) مقدار الشحنة الكهربائية طردياً

(2) مقدار سرعة الشحنة طردياً

(3) مقدار المجال المغناطيسي طردياً

(4) مقدار جيب الزاوية بين اتجاه السرعة و اتجاه المجال طردياً

ثانياً: متى تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في جسم مشحون و متحرك في مجال مغناطيسي قيمة عظمى و

متى تكون نصف قيمتها العظمى و متى تنعدم .

(F_B) قيمة عظمى عندما ($\theta = 90$) (F_B) نصف قيمتها العظمى عندما ($\theta = 150$) أو ($\theta = 30$)

(F_B) تنعدم عندما ($\theta = 0$) أو ($\theta = 180$)

ثالثاً: عرف المجال المغناطيسي عند نقطة :

من القانون :

$$B = \frac{F_B}{qV\sin\theta}$$

هو

1c 1m/s اتجاه عمودي

هو القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة

عندما تتحرك الشحنة بسرعة (1m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال

المغناطيسي لحظة مرورها في تلك النقطة .

سؤال

جسيم مشحون بشحنة موجبة يتحرك في مستوى أفقي باتجاه الشرق (+X) ، داخل المجال

المغناطيسي الأرضي الذي يتجه من الجنوب الى الشمال (+y) استخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه

القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في الجسيم باتجاه (+Z) ام باتجاه (-Z)؟

حسب القاعدة +Z

$$F_B = qV B\sin\theta$$

+X +y

كيف تفسر كل مما يلي :

سؤال

(أ) شحنة كهربائية متحركة في مجال مغناطيسي و لم تتأثر بقوة مغناطيسية

(ب) عند قذف نيوترون بشكل عمودي على مجال مغناطيسي ، فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية

(أ) لان الشحنة الكهربائية تتحرك باتجاه موازي لاتجاه المجال المغناطيسي $\sin\theta = 0$ أكيد $V \neq 0$ و $q \neq 0$

(ب) لان النيوترون جسيم غير مشحون لذلك لن يتأثر بقوة مغناطيسية عند وجوده في المجال المغناطيسي.

سؤال

اذكر حالتين تنعدم فيهما القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون في مجال مغناطيسي.

(1) عندما يكون الجسيم المشحون ساكناً

(2) اذا كان اتجاه حركة الجسم المشحون موازي لاتجاه المجال المغناطيسي.

حركة جسم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم:

الحركة الدائرية لجسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

يظهر في الشكل حزمة جسيمات موجبة الشحنة تتحرك داخل أنبوب مفرغ من الهواء بسرعة ابتدائية (v) باتجاه محور (x+) : فتدخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً يتجه داخل الصفحة (z-). بشكل عمودي عليه. يتأثر كل جسيم في هذه الحزمة لحظة دخوله المجال المغناطيسي بقوة مغناطيسية يكون اتجاهها عمودياً على كل من اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه السرعة، أي باتجاه (y+). فتعمل القوة على انحراف حزمة الجسيمات باتجاهها: فيتغير اتجاه سرعة الجسيمات، ويتغير نتيجة لذلك اتجاه القوة، وتبقى القوة باتجاه عمودي على كل من اتجاه السرعة واتجاه المجال، ويُعطى مقدارها بالعلاقة :

$$F_B = qvB \sin \theta = qvB$$

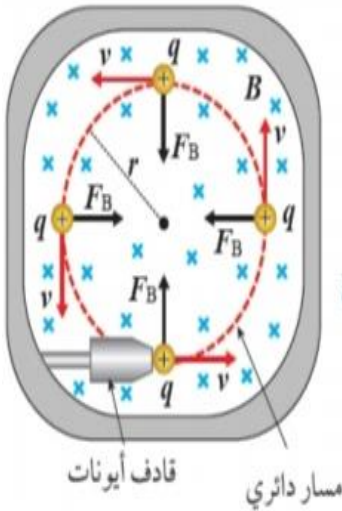
وتتحرك الجسيمات بسرعة ثابتة مقداراً في مسار دائري يقع في مستوى متعامد مع اتجاه المجال المغناطيسي. تعمل القوة المغناطيسية في هذه الحالة عمل القوة المركزية، ويمكن التعبير عن مقدارها باستخدام القانون الثاني لنيوتن بالعلاقة:

$$F_B = \frac{mv^2}{r}$$

حيث m كتلة الجسيم و r نصف قطر المسار الدائري. أستنتج من العلاقتين السابقتين أن:

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r} \rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

يُسمى المقدار $\frac{q}{m}$ **الشحنة النوعية للجسيم**، وهي ناتج قسمة شحنة الجسيم على كتلته، وتعدّ صفةً فيزيائية للمادة: يستخدمها العلماء للتعرف على الجسيمات المجهولة. حيث صُممت أجهزة عدّة تستخدم القوة المغناطيسية في توجيه الجسيمات المشحونة: منها مطياف الكتلة ومسارع السينكروترون.

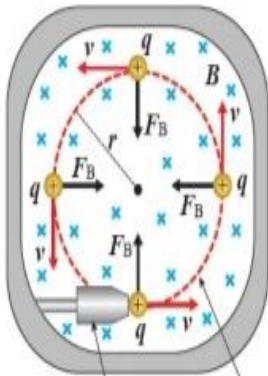


سؤال: لماذا تختلف الشحنة النوعية للإلكترون عن الشحنة النوعية للبروتون؟

الشحنة النوعية هي ناتج قسمة الشحنة على الكتلة، وحيث أن كتلة البروتون تختلف عن كتلة الإلكترون فإن الشحنة النوعية لهما مختلفة، على الرغم من أن القيم المطلقة لشحنتيهما متساوية.

ملاحظات

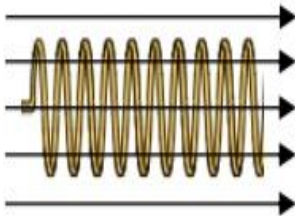
- إذا كانت v مش موازية ل B بغض النظر عن الزاوية (حادة , قائمة , منفرجة) على الأكد الجسم رح يتأثر بقوة مغناطيسية $F_B \neq 0$ و بطلب حسابها .
- إذا كان اتجاه v عمودي على B الجسم رح يتأثر بقوة مغناطيسية مركزية رح تخليه يسلك مسار دائري داخل المجال (وهذا كان موضوع دراستنا الحركة الدائرية المنتظمة)



مسار دائري
قذف أيونات

$$v \perp B$$

- إذا كان اتجاه v مائل على B الجسم رح يتأثر بقوة مغناطيسية رح تخلي يسلك مسار لولبي (هذا لم يتطرق له الكتاب الحركة اللولبية)



التطبيق الأول: مطياف الكتلة

- تعريف مطياف الكتلة: جهاز يستخدم لقياس كتل الجسيمات الذرية لتحديد مكونات عينة المجهولة.
- مبدأ عمل مطياف الكتلة:

تُحوّل العينة إلى الحالة الغازية، ثم تؤين جسيماتها؛ بحيث يفقد كل منها عدداً متساوياً من الإلكترونات؛ فتصبح جميعها متساوية الشحنة رغم اختلاف كتلتها. ثم تدخل هذه الأيونات بالسرعة نفسها مجالاً مغناطيسياً منتظماً عمودياً على اتجاه السرعة، فيتحرك كل أيون في مسارٍ دائري نتيجةً للقوة المغناطيسية المركزية المؤثرة فيه وتُعطى بالعلاقة:

$$F_D = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv^2}{F_B} = \frac{mv}{qB}$$



وبسبب اختلاف كتل الأيونات يختلف نصف قطر المسار الدائري (r) لكل منها؛ كما في الشكل. وحيث أن مقادير كل من السرعة والمجال والشحنة ثابتة، فإن نصف قطر المسار يتناسب طردياً مع الكتلة (m) وبمعرفة قيمة (r) يجري حساب الشحنة النوعية لكل أيون، ثم التعرف على هوية مكونات العينة. علماً أن الأيونات سالبة الشحنة تنحرف باتجاه معاكس لاتجاه انحراف الأيونات الموجبة.

التطبيق الثاني: مسارع السينكروترون:

أهمية واستخدامات جهاز السينكروترون

**جهاز السينكروترون**

جهازٌ يُستخدم لتسريع الجسيمات المشحونة مثل الإلكترون، والبروتون، والأيونات إلى سرعات عالية؛ لاستخدامها في الأبحاث العلمية. ويستخدم لذلك مجالاً كهربائياً، ومجالاً مغناطيسياً.

أهمية المجال الكهربائي لمسارع السينكروترون: تزويد الجسيمات المشحونة بالطاقة الحركية نتيجة مسارعتها في فرق جهد كهربائي، ويجري تعديل تردد المجال الكهربائي بما يتناسب مع سرعة الجسيمات والتردد المداري لحركتها.

أهمية المجال المغناطيسي لمسارع السينكروترون: هناك وظيفتان رئيسيتان للمجال المغناطيسي في السينكروترون:

الأولى: أنه يعمل على تغيير مسار الجسيمات لإبقائها في مسار حلقي (أو دائري) ويجري زيادة المجال المغناطيسي كما زاد الزخم الخطي للجسيمات، لتوفير القوة المغناطيسية الكافية للحفاظ على المسار الدائري، وهذا ما يميز السينكروترون عن المسارع القديم (السيكلترون).

الثانية: إكساب الإلكترونات تسارعا مركزيا (تغيير في اتجاه سرعتها) الأمر الذي يؤدي الى إنتاج موجات كهرومغناطيسية مختلفة الطول الموجي.

سؤال: لماذا تجري زيادة المجال المغناطيسي في السينكروترون كلما زاد الزخم الخطي للجسيمات المتسارعة فيه؟

بزيادة الزخم الخطي للجسم المشحون تزداد سرعته، وهذا يتطلب قوة مركزية أكبر لإبقاء الجسم محافظا على حركته الدائرية من دون زيادة في نصف القطر، لذلك يجب زيادة المجال المغناطيسي.

الربط مع الكيمياء

الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة عن السينكروترون، يمكن التحكّم فيها لإعطاء حُرْم تتراوح أطوالها الموجية من تحت الحمراء إلى الأشعة السينية، حيث أنّ موجات الضوء المرئي الناتجة تفوق ضوء الشمس في سطوعها. بحيث يستخدم الطول الموجي المناسب في الأبحاث العلمية في مجالات الفيزياء والكيمياء؛ مثل اكتشاف الخصائص الذرية والجزيئية وطول الروابط بين الذرات داخل الجزيء الواحد على مستوى (nm).

سؤال: قارن بين القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون من حيث:

وجه المقارنة	القوة الكهربائية	القوة المغناطيسية
اتجاه القوة بالنسبة لاتجاه المجال .	تؤثر دائماً باتجاه موازي لاتجاه المجال الكهربائي	تؤثر باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي و عمودي على حركة الجسيم
اثر القوة على سرعة الجسيم المشحون.	تغير في مقدار سرعة الجسم و ممكن الاتجاه	تغير فقط في اتجاه سرعة الجسيم
اثر القوة على الجسيم المشحون الساكن	يمكنها ان تحرك الجسيم المشحون الساكن	لا يمكنها تحرك الجسيم المشحون الساكن
الشغل الذي تبذله القوة على الجسيم المشحون	تبذل شغلاً في قوة موازية	لا تبذل شغل فهي قوة عمودية
تأثير القوة على الطاقة الحركية للجسيم	تغير من الطاقة الحركية للجسيم	لا تغير من الطاقة الحركية للجسيم

سؤال: عند وضع بروتون في حالة السكون في مجال كهربائي يتأثر بقوة كهربائية بينما عند وضعه في حالة السكون في مجال مغناطيسي لا يتأثر بقوة مغناطيسية؟

لان القوة الكهربائية لا تعتمد على سرعة الشحنة و هي قوة موازية يمكنها ان تبذل شغلاً على البروتون و تغير من طاقته الحركية و بالتالي تغير من سرعته بينما القوة المغناطيسية تعتمد على سرعة الشحنة فهي قوة عمودية لا يمكنها ان تبذل شغلاً و لا ان تغير من الطاقة الحركية للبروتون و بالتالي تبقى حالته كما هي ساكن
اجابة مختصرة : لان القوة الكهربائية لا تعتمد على سرعة الجسيم في حين القوة المغناطيسية تعتمد على سرعة الجسيم المشحون.

سؤال: أفسر لماذا لا تبذل القوة المغناطيسية شغل على جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم، وهي تختلف بذلك عن القوة الكهربائية التي تبذل شغلاً على جسم مشحون يتحرك داخل مجال كهربائي؟

القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك داخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائماً عمودي على اتجاه الحركة، فتكون الزاوية بين الإزاحة والقوة (90) والشغل يساوي صفراً، بينما عند تأثير القوة الكهربائية في الجسيم المشحون تكون الزاوية بين القوة والإزاحة صفراً أو (180) أو أي زاوية أخرى ، وبذلك يوجد شغل موجب أو سالب، ويكون هذا الشغل صفراً في حال كانت الزاوية (90).

سؤال

عند قذف جسيم مشحون بشكل عمودي على مجال مغناطيسي فإنه يسلك مسار دائري

لأن القوة المغناطيسية هي قوة مركزية عمودية على اتجاه الحركة و اتجاه المجال و عندما يكون استجاء السرعة (V) يعامل اتجاه (B) فإن القوة المغناطيسية تجبر الجسم على الحركة في مسار دائري .

سؤال

أثبت أن نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه جسيم مشحون و متحرك باتجاه

عمودي على اتجاه المجال يعطى بالعلاقة : $r = \frac{mv}{qB}$

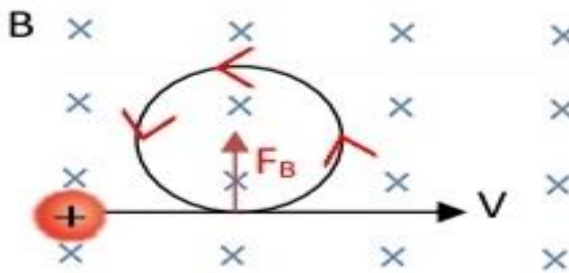
الإجابة $\theta = 90 \quad \sin 90 = 1$

$$F_B = F_c \Rightarrow qvB \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$qB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار الدائري من القانون

❖ العوامل التي يعتمد عليها اتجاه دوران جسيم مشحون مقذوف عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي:



توضيح: هنا احتمالين للدوران أما مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة وحسب قاعدة اليد اليمنى يتحكم في ذلك:

(١) نوع الشحنة (٢) اتجاه السرعة (٣) اتجاه المجال

ملاحظة

لمعرفة نوع الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي إذا علم مسارها واتجاه المجال المغناطيسي :

أولاً: نكمل المسار الدائري بالقلم ونختار نقطة مناسبة للفحص "من نقاط الساعة المشهورة" (12,9,6,3)

و نرسم عليها ثلاث كميات متجهة باتراف حيث :

V : مماس مع اتجاه الحركة F_B : مماس عمودي على V نحو المركز B : كما في الشكل (في السؤال)

ثانياً: نطبق قاعدة اليد اليمنى بثلاث خطوات (نثبت ، نوجه ، نحرك) حيث :

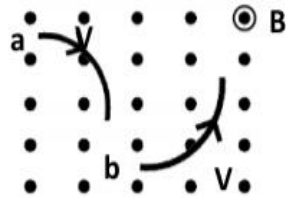
إذا حركة الكف (القلم) وافق واقع الرسم تكون (q : موجبة)

و إذا كانت حركة الكف (القلم) عكس الواقع (مخالف للرسم) تكون (q : سالب)

و إذا كان الجسم المخترق للمجال متحرك بخط مستقيم يكون متعادل (غير مشحون) ($q = \text{صفر}$)

سؤال

يمثل الشكل المجاور مسار جسمين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس مقدار



السرعة تمعن في الشكل وأجب عما يلي:

1. ما نوع شحنة كل منهما؟ فسر إجابتك.

2. أي الجسمين أكبر كتلة؟ فسر إجابتك .

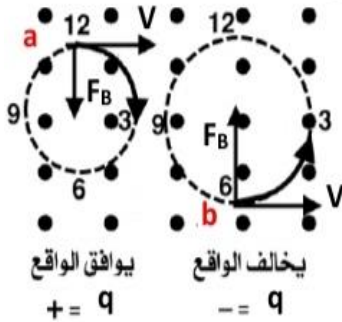
الحل :

1. الشحنة (a) نوعها : (موجبة) وافقت قاعدة اليد اليمنى حيث التطبيق باليد

اليمنى يكون باطن اليد (القلم) نحو -y و هذا موافق للرسم.

الشحنة (b) نوعها: (سالبة) لأنها خالفت قاعدة اليد اليمنى حيث عند التطبيق

باليد اليمنى يكون باطن اليد (القلم) نحو -y لكن واقع الرسم F_B نحو +y



2. حسب العلاقة ($r = \frac{mv}{qv}$) نلاحظ أن العلاقة بين نصف القطر (r) و الكتلة (m) علاقة طردية ثابتة (B, q, v)

لذلك r_a للشحنة (b) أكبر من r_b للشحنة (a) و هذا يدل أن كتله (b) < كتلة (a).

تلخيص

عندما يكون المجال المغناطيسي على محور (Z) و هذا اغلب الأفكار الوزارية

عندما يكون المجال المغناطيسي \odot نعلم طريقة \odot ← موجب يتحرك مع عقارب الساعة

← السالب يتحرك عكس عقارب الساعة

عندما يكون المجال المغناطيسي \otimes نعلم الطريقة \otimes ← موجب عكس

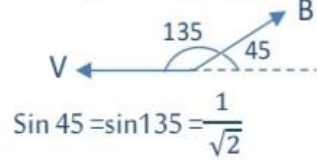
← سالب مع

أسئلة متنوعة

سؤال

شحنة كهربائية مقدارها (-1pc) تتحرك بسرعة مقدارها $(\sqrt{2} \times 10^5)$ نحو الغرب فيمجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.01T) ويصنع اتجاهه زاوية مقدارها (45°) مع محور السينات الموجب جد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة :

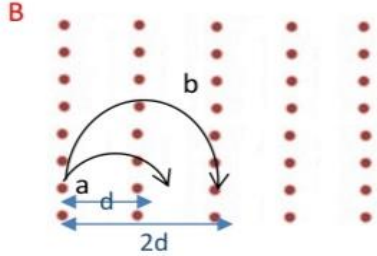
$$F_B = q v B \sin\theta = 1 \times 10^{-12} (\sqrt{2} \times 10^5) (1 \times 10^{-2}) \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 \times 10^{-9} \text{N}$$

بين $+x$ و $+y$ 

سؤال

في جهاز مطياف الكتلة (a, b) جسيمان مشحونان ادخلا بالسرعة نفسها بشكل

عمودي على مجال مغناطيسي منتظم فاتخذا المسارين الموضحين في الشكل المجاور نستنتج ان الشحنة النوعية للجسيم a تساوي :



(أ) الشحنة النوعية للجسيم b

(ب) ضعف الشحنة النوعية للجسيم b

(ج) نصف الشحنة النوعية للجسيم b

(د) اربعة اضعاف الشحنة النوعية للجسيم b

الشحنة النوعية هي $(\frac{q}{m})$ و $\frac{q}{m} = \frac{V}{Br}$

$$\frac{(\frac{q}{m})_a}{(\frac{q}{m})_b} = \frac{(\frac{v}{Br})_a}{(\frac{v}{Br})_b} = \frac{V_a}{Br_a} \times \frac{Br_b}{V_b} = \frac{r_b}{r_a} = \frac{2r}{r} = 2$$

$$(\frac{q}{m})_a = 2 (\frac{q}{m})_b \quad \text{الاجابة ب}$$

سؤال

اذا دخل جسيم مشحون كتلته $(4 \times 10^{-10} \text{ Kg})$ و شحنته (4mc) مجالاً مغناطيسياًمنتظماً مقداره (0.2T) وبسرعة مقدارها (10^4m/s) باتجاه عمودي على المجال المغناطيسي ، فإنمقدار التغير في طاقته الحركية بعد مرور (3s) على وجوده داخل المجال المغناطيسي بوحدة الجولهو: (أ) 2×10^{-2} (ب) 2×10^2 (ج) 0.2 (د) 0

الاجابة (د) : لان القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيم ولا تغير من طاقته الحركية .

سؤال

تحركت شحنة مقدارها (1PC) بسرعة مقدارها (2×10^5 m/s) باتجاه يميل بزاوية (30°) عن محور السينات الموجب في مجال مغناطيسي مقداره (3×10^{-3} T) واتجاه عمودي على الصفحة نحو الداخل جد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة .

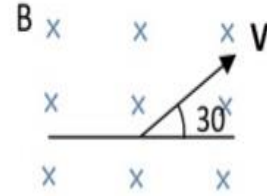
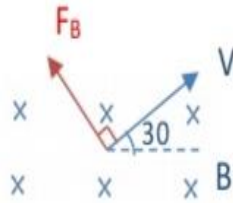
$$F_B = q V B \sin \theta$$

$$= 1 \times 10^{-12} (2 \times 10^5) (3 \times 10^{-3}) (1)$$

$$= 6 \times 10^{-10} \text{N}$$

حسب قاعدة اليد اليمنى اتجاه

القوة المغناطيسية يصنع 120 مع محور +X


 $\theta = 90$

وليس 30 وذلك لأننا نهتم بالزاوية

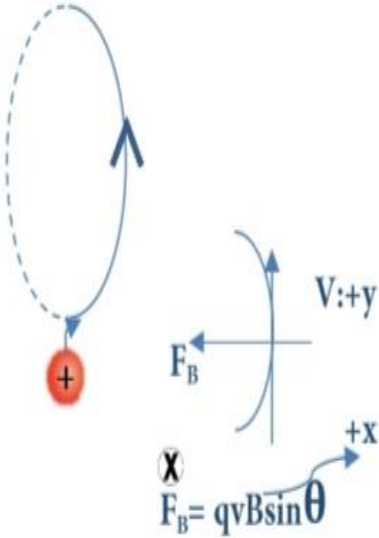
بين V و B

منطبق على عمودي على الصفحة

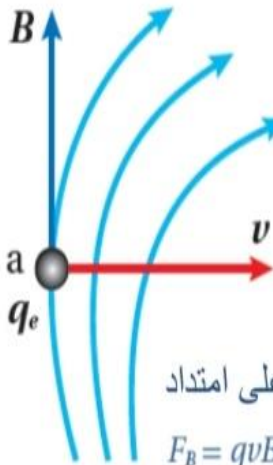
سؤال دخل جسم مشحون منطقة مجال مغناطيسي كما في الشكل فاتخذت مسار دائري

عمودي على الصفحة ان اتجاه المجال المغناطيسي على محور:

(أ) +Z (ب) -Z (ج) +X (د) -X



سؤال تمييز: هنا تفشل برمجة X و O لان المجال اصلاً مش على محور Z



يتحرك إلكترون بسرعة $(5 \times 10^6 \text{ m/s})$ باتجاه محور $(+x)$ ؛ أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر فيه لحظة مروره بالنقطة (a) وأحد اتجاهها، علماً أن المجال المغناطيسي عندها $(2 \times 10^{-4} \text{ T})$ باتجاه محور $(+y)$. كما في الشكل (5).

سؤال

المعطيات: $v = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$, $B = 2 \times 10^{-4} \text{ T}$, $\theta = 90^\circ$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
المطلوب: $F_B = ?$

ألاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي ليست مستقيمة، لكن عند النقطة (a) يكون اتجاه المجال على امتداد المماس وللأعلى وباتجاه $(+y)$.

$$F_B = qvB \sin \theta$$

$$F_B = 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} \times 1$$

$$F_B = 1.6 \times 10^{-16} \text{ N}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ أجد أن اتجاه القوة التي تؤثر في الإلكترون تكون داخلية في الصفحة، باتجاه $(-z)$ بعيداً عن الناظر (لأن الشحنة سالبة). تكون القوة بهذا المقدار والاتجاه عند النقطة (a) فقط؛ لأن المجال متغير في مقداره واتجاهه عند النقاط الأخرى. ألاحظ أن إشارة الشحنة تستخدم لتحديد اتجاه القوة، وليس في حساب مقدار القوة.

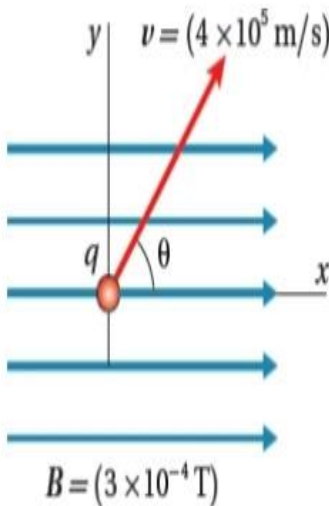
يتحرك جسيم شحنته $(5 \times 10^{-6} \text{ C})$ في المستوى (x, y) داخل مجال مغناطيسي

سؤال

منتظم، بسرعة (v) باتجاه يصنع زاوية $(\theta = 53^\circ)$ مع محور $(+x)$ ، كما في الشكل

مُعتمداً على بيانات الشكل؛ أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر في

الجسيم، وأحد اتجاهها.



$$F_B = qvB \sin \theta$$

$$F_B = 5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-4} \times \sin 53^\circ$$

$$F_B = 5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-4} \times 0.8$$

$$F_B = 4.8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ بوضع الإبهام باتجاه السرعة (v) ، وباقي الأصابع باتجاه المجال $(+x)$ ، أجد أن اتجاه القوة التي تؤثر في الشحنة تكون داخلية في الصفحة، باتجاه $(-z)$ بعيداً عن الناظر (لأن الشحنة موجبة).

ورقة عمل

سؤال 1

- جسيم شحنته $(-4mc)$ يتحرك بسرعة $(1 \times 10^6 \text{ m/s})$ نحو الشمال في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(4T)$ باتجاه الشرق . اذا علمت أن كتلة الجسيم $(16 \times 10^{-14} \text{ Kg})$ احسب كل من :
1. مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم المشحون .
 2. نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم المشحون .
 3. التسارع المركزي للجسيم المشحون .

سؤال 2

استُخدم مطياف الكتلة لفصل خام اليورانيوم إلى ذرات اليورانيوم (235) واليورانيوم (238) ؛ تمّ تأيّن الذرات فأصبحت شحنته كلّ أيون منها $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ ، ثمّ قُذفت جميعها داخل مجال مغناطيسيّ منتظم (1.2 T) بسرعة $(4.0 \times 10^4 \text{ m/s})$ ، عموديّة عليه $(\theta = 90^\circ)$. إذا كان نصف قطر مسار أحدهما (8.177 cm) ، والثاني (8.281 cm) ؛

أحسب كلاً من: أ) الشحنة النوعية لأيون كلّ ذرة.
ب) كتلة كلّ أيون.

سؤال 3

قُذف بروتون بسرعة ابتدائية $(4.7 \times 10^6 \text{ m/s})$ داخل مجال مغناطيسيّ منتظم (0.35 T) ؛ بحيث تتعامد سرعة البروتون مع المجال، فسلك مساراً دائرياً. إذا علمت أن شحنة البروتون $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ كتلته تساوي $(1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg})$ ، احسب نصف قطر المسار الدائري للبروتون.

إجابات ورقة العمل

$$\textcircled{1} F_B = q v B \sin \theta = 4 \times 10^{-6} (1 \times 10^6) (4) (1) = 16 \text{ N}, +Z \odot$$

إجابة السؤال 1

$$\textcircled{2} F_B = F_c = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv^2}{F_B} = \frac{16 \times 10^{-14} (1 \times 10^6)^2}{16} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Or } r = \frac{mv}{qB} = \frac{16 \times 10^{-14} (1 \times 10^6)}{(4 \times 10^{-6}) (4)} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\textcircled{3} F_B = F_c = ma_c \Rightarrow a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{16}{16 \times 10^{-14}} = 1 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

$$\text{Or } a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(1 \times 10^6)^2}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

$$\frac{q}{m_1} = \frac{v}{Br_1} = \frac{4 \times 10^4}{1.2 \times 8.177 \times 10^{-2}} = 407647 \text{ C/kg}$$

أ) الشحنة النوعية لكلا الأيونين:

إجابة
السؤال 2

$$\frac{q}{m_2} = \frac{v}{Br_2} = \frac{4 \times 10^4}{1.2 \times 8.281 \times 10^{-2}} = 402528 \text{ C/kg}$$

ب) لحساب كتلة كل أيون؛ نستخدم العلاقة:

$$\frac{q}{m_1} = 407647 \text{ C/kg}$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-19}}{m_1} = 407647 \Rightarrow m_1 = 3.925 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

$$\frac{q}{m_2} = 402528 \text{ C/kg}$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-19}}{m_2} = 402528 \Rightarrow m_2 = 3.975 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

ألاحظ أن الأيون الذي يسلك مسارًا نصف قطره أكبر يمتلك الكتلة الأكبر، وهو أيون ذرة اليورانيوم (238)، في حين يسلك أيون ذرة اليورانيوم (235) المسار الآخر الذي نصف قطره أصغر.

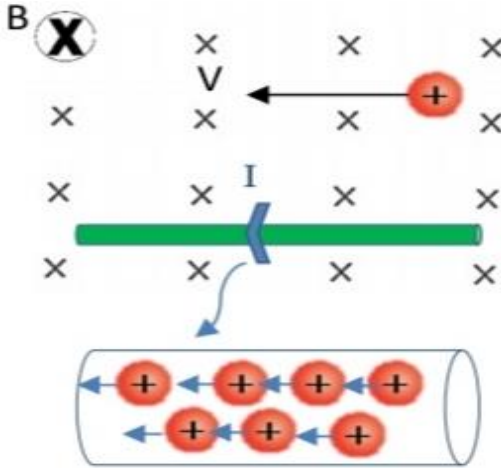
$$\frac{q}{m_p} = \frac{v}{Br} \Rightarrow r = \frac{m_p v}{qB}$$

إجابة السؤال 3

$$r = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 4.7 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.35} = 1.4 \times 10^{-1} \text{ m}$$

القوة المؤثرة في موصل يحمل تيار في مجال مغناطيسي

1 القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار في مجال مغناطيسي



في الشكل المجاور تتأثر الشحنة الموجبة بقوة مغناطيسية وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه القوة المغناطيسية نحو (-y).

تجربة العالم تسلا الثانية:

توصل العالم تسلا الى أن التيار اصطلاحاً (حركة الشحنات الموجبة) كل شحنة سوف تتأثر بقوة مغناطيسية للأسفل لذلك القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (السلك) تساوي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات التي تنقل التيار الكهربائي.

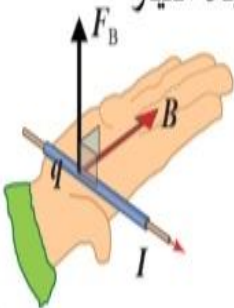
اتجاهاً

F_B

مقداراً

قاعدة اليد اليمنى بدل الابهام يأخذ v اتجاه السرعة

رح يأخذ متجه الطول اللي هو اتجاه التيار



$$F_B = IBL \sin \theta$$

التيار الكهربائي ←
 طول الموصل المغمور ←
 حيث اتجاه L هو
 اتجاه I نفسه

❖ العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم يحمل تيار كهربائي ومغمور في مجال مغناطيسي:

$$F_B = IBL\sin\theta \quad \text{من القانون}$$

- 1 (مقدار المجال المغناطيسي (طردياً)
- 2 طول الموصل المغمور فيه (طردياً)
- 3 مقدار التيار الكهربائي (طردياً)
- 4 جيب الزاوية بين متجه طول الموصل و المجال المغناطيسي

❖ **متجهة الطول:** هو متجهة مقداره يساوي طول الموصل واتجاهه باتجاه سريران التيار الكهربائي في الموصل.

سؤال: متى يمكن لشريط من الألمنيوم أن يتأثر بقوة مغناطيسية عند وضعه في مجال مغناطيسي؟

عندما يسري فيه تيار كهربائي ويكون متجهة طول الموصل غير موازي لاتجاه خطوط المجال أو عندما يتحرك الشريط نفسه بسرعة باتجاه لا يوازي خطوط المجال.

ملاحظة

❖ إذا طلب السؤال مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل مستقيم:

1) في وحدة الأطوال سؤال صريح؟

2) دون أن يحدد طول السلك (مثل سلك طويل جدا) سؤال غير صريح؟

يجب علينا اعتبار (L=1m) ضمناً ونقسم طرفي القانون على (L) ونجد الجواب بوحدة (N/m)

قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم:

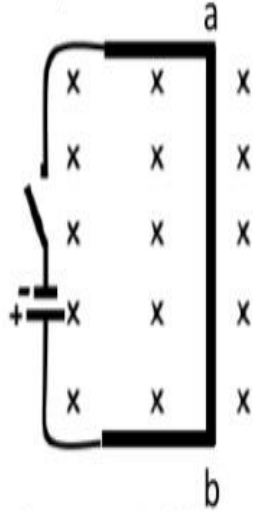
$$\frac{F_B}{L} = I \frac{L}{L} B \sin\theta$$

$$\frac{F_B}{L} = IB\sin\theta = \text{رقم (N/m) نصيب المتر الواحد}$$

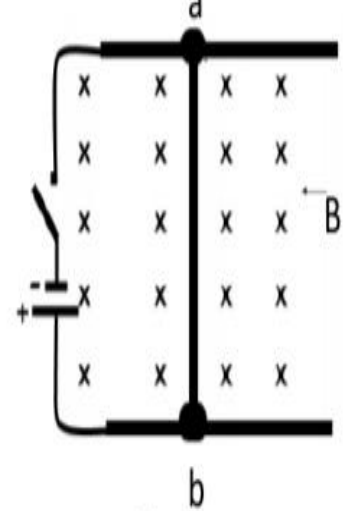
سؤال

وضح ماذا يحدث للموصل (a ، b) في كل من الحالتين التاليتين بعد غلق المفتاح:

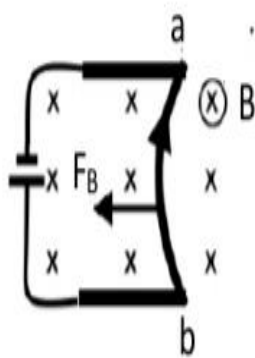
ثانياً: غير قابل للحركة (مثبت)



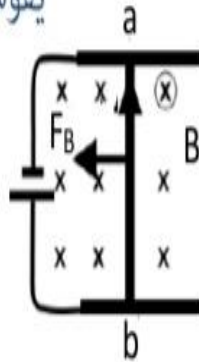
أولاً: حرة الحركة والانزلاق



ثانياً: بعد غلق المفتاح يخطط التيار الاصطلاحي في الموصل فيكون من b نحو a و نطبق قاعدة اليد اليمنى فينحني الموصل نحو اليسار كما في الشكل ينحني و يقوس لأنه غير قابل للحركة .



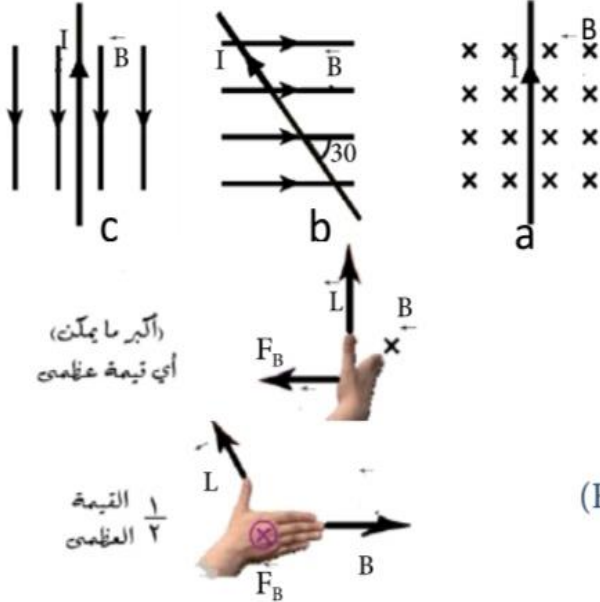
أولاً: بعد غلق المفتاح يخطط التيار الاصطلاحي في الموصل فيكون من a نحو b و نطبق قاعدة اليد اليمنى فيتحرك إزاحة (ΔX) نحو س حيث $F_B = ILB\sin 90^\circ$ (يتحرك إزاحة لليسار) لأنه الموصل قابل للحركة.



أمثلة متنوعة

مثال

موصل مستقيم طوله (20cm) يمر فيه تيار كهربائي مقداره (2A) مغمور في مجال



مغناطيسي الموصل في الحالات (a,b,c) علماً أن :

$$(\sin 60 = \sin 120 = \frac{\sqrt{3}}{2}) \quad (\sin 30 = \sin 150 = 0.5)$$

الحل :

$$(F_B)_a = IL \sin 90 = 2 \times (20 \times 10^{-2}) \times (4 \times 10^{-1}) \times 1 = (16 \times 10^{-2} \text{ N}, -X)$$

$$(F_B)_b = IL \sin 150 = 2 \times (20 \times 10^{-2}) \times (4 \times 10^{-1}) \times \frac{1}{2} = (8 \times 10^{-2} \text{ N}, -Z \text{ (X)})$$

و تعتبر قيمة صغرى (F_B تنعدم) (F_B)_c = IL sin 180 = 0

مثال

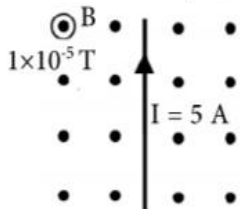
متى تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي:

(أ) أكبر ما يمكن (ب) أقل ما يمكن (صفراً) (ج) نصف قيمتها العظمى

(أ) (قيمة عظيمة) عندما $\theta = 90$ بين B و L (اتجاه I) حسب القانون $F_B = IL \sin \theta$ (ب) (تنعدم) عندما $\theta = 0, 180$ بين B و L (ج) عندما $\theta = 30, 150$ بين B و L

مثال

بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل أحسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة



الأطوال من السلك ؟

$$\frac{F_B}{L} = I \frac{L}{L} B \sin 90 = 5 \times (1 \times 10^{-5}) = (5 \times 10^{-5} \text{ N/m}, +X) \quad \text{الحل :}$$

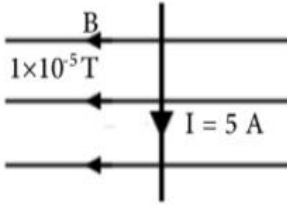
$$\text{OR } F_B = IL \sin 90 = 5 \times 1 \times (1 \times 10^{-5}) \times 1 = (5 \times 10^{-5} \text{ N}, +X)$$

لكل 1m

مثال

في الشكل سلك طويل جدا احسب القوة المغناطيسية المؤثرة عليه معتمدا على الشكل

الحل :



$$\frac{F_B}{L} = I \frac{L}{L} = B \sin 90 = 5 \times (1 \times 10^{-5}) \times 1 = (5 \times 10^{-5} \text{ N/m}, -Z \text{ (X)})$$

$$\text{OR } F_B = IL \sin 90 = 5 \times 1 (1 \times 10^{-5}) \times 1 = (5 \times 10^{-5} \text{ N}, -Z)$$

لكل 1m

مثال

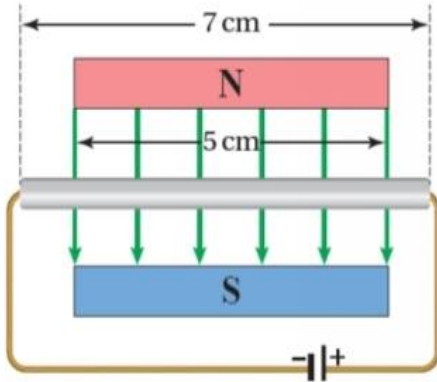
أحسب مقدار مجال مغناطيسي يؤثر بقوة (75 mN) في سلكٍ طوله (5 cm): يحمل

تيارًا كهربائيًا (3 A) ويصنع زاوية (90 °) مع المجال المغناطيسي.

الحل :

$$B = \frac{F_B}{IL \sin \theta} = \frac{75 \times 10^{-3}}{3 \times 5 \times 10^{-2} \times 1} = 0.5 \text{ T}$$

مثال



بيِّن الشكلُ سلكُ ألُمنيوم طوله (7 cm) يحمل تيارًا (5.2 A)؛ جزءٌ منه داخل مجال مغناطيسي (250 mT) وعموديٌّ عليه. معتمدًا على بيانات الشكل؛ أجد ما يأتي:

أ) اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

ب) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

الحل :

أ) باستخدام قاعدة اليد اليمنى: مُتجه طول الموصل نحو اليسار (-x)، واتجاه المجال المغناطيسي نحو الأسفل (-y)؛ بذلك يكون اتجاه القوة المغناطيسية خارجًا من الصفحة وعموديًا عليها نحو الناظر (+z).

ب) أستخدمُ طولَ الجزء المغمور داخل المجال المغناطيسي فقط من السلك.

$$F_B = IBL \sin \theta$$

$$F_B = 5.2 \times 0.25 \times 5 \times 10^{-2} \times 1 = 6.5 \times 10^{-2} \text{ N}$$

مثال

(a,b) موصل مستقيم طوله (20cm) ، ومساحة مقطعه ($3 \times 10^{-8} \text{m}^2$) ومقاومته

($4.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$) وصل في دائرة مغلقة مع بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (\mathcal{E}) وعلق في ميزان

نابض فكانت قراءة الميزان (0.1N) وعندما غمر في مجال مغناطيسي

منتظم (0.5T) بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور أصبحت قراءة الميزان النابض

صفرًا . احسب القوة الدافعة الكهربائية (\mathcal{E})

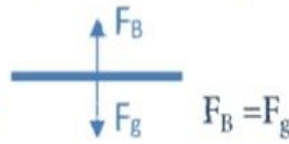
الحل :

بما أن قراءة الميزان صفر فهذا يعني وجود F_B تساوي F_g وتعاكسها اتجاهًا

لذلك F_B الغت F_g

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{4.5 \times 10^{-6} (20 \times 10^{-2})}{3 \times 10^{-8}} = 30 \Omega$$

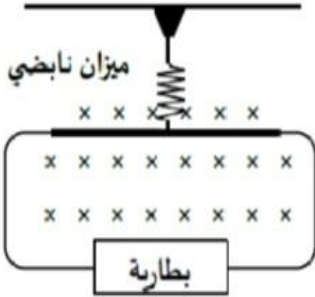
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad \mathcal{E} = IR = 1 \times 30 = 30 \text{ V}$$



$$ILB \sin 90 = 0.1$$

$$I(20 \times 10^{-2})5 \times 10^{-1}(1) = 0.1$$

$$I = 1 \text{ A}$$



مثال

سلك طوله (5cm) وكتلته (50g) معلق بين قطبي مغناطيس

(مجال منتظم) بواسطة سلكين رفيعين مهملي الكتلة ، كما في الشكل عندما

يسري فيه تيار كهربائي (10A) ينحرف عن العمودي بزاوية ($\theta = 14^\circ$) ما مقدار

المجال المغناطيسي .

برسم مخطط الجسم الحر للسلك أجد أن:

$$F_g = T \cos \theta , \quad F_B = T \sin \theta$$

$$F_g = T \cos 14^\circ , \quad F_B = T \sin 14^\circ$$

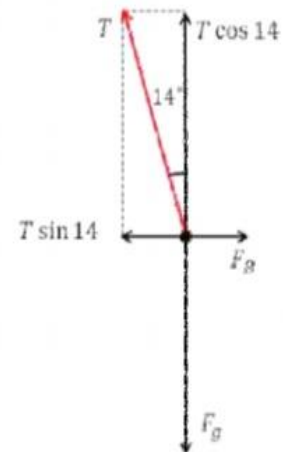
$$\frac{F_B}{F_g} = \tan 14^\circ$$

$$F_B = (0.25)F_g = 0.25 \times 0.05 \times 10 = 0.125 \text{ N}$$

مقدار المجال المغناطيسي:

$$F_B = IBL \sin 90^\circ$$

$$0.125 = 10 \times 0.05 B \quad B = \frac{0.125}{0.5} = 0.25 \text{ T}$$

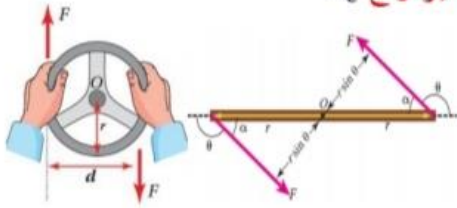


العزم المؤثر في حلقة تحمل تيار في مجال مغناطيسي منتظم

المقدمة

بالوحدة الثانية كانت قوتين متساويتين مقداراً ومتعاكستان اتجاهاً وخط عملهما غير مشترك
تؤثران في الجسم يصبح دوران للجسم وقتها.

مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة وسمينا هذا المفهوم **عزم الإزدواج** τ_c



عزم الازدواج = احدى القوتين × البعد العمودي بينهما

$$\tau_c = Fd = F2r \sin\theta$$

❖ عند دمج قانون عزم الازدواج مع قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار في مجال مغناطيسي.

ملف يمر فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي وضع طبيعي انه يتأثر بقوة مغناطيسية .
رح يكون في قوتين متساويتان مقداراً و متعاكستان اتجاهاً و خط عملهما غير مشترك .
الاشي الجديد انه هاي القوة هي قوة مغناطيسية مؤثرة في موصل

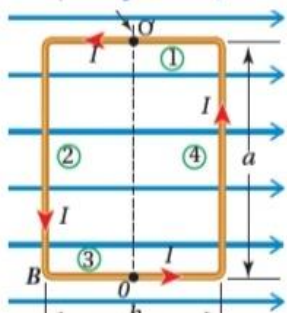
يعني دمج قانون $\tau_c = Fd$ مع قانون $F_B = IL\sin\theta$

عند وضع حلقة واحدة في مجال مغناطيسي كما في الشكل ، بحيث يكون مستوى الحلقة موازياً لمستوى المجال المغناطيسي و مرور تيار كهربائي في حلقة فإن كل ضلع يتأثر بقوى يعطى مقدارها

$F_B = ILB\sin\theta$ و عليه فإن :

حلقة مستطيلة تحمل تياراً كهربائياً، قابلةً للدوران في

مجال مغناطيسي منتظم.



منظر علوي للحلقة،
يبين أضلاعها الأربعة
وخطوط المجال.

$$-x \quad +x \\ F_1 = I L B \sin 180 = 0$$

$$+x \quad +x \\ F_3 = I L B \sin 0 = 0$$

$$-y \quad +x \\ F_2 = I L B \sin 90 \\ = I L B = I a B$$

$$+y \quad +x \\ F_4 = I L B \sin 90 \\ = I L B = I a B$$

$$L_2 = a$$

$$L_4 = a$$

عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون

اتجاه F_2 عمودي على الصفحة

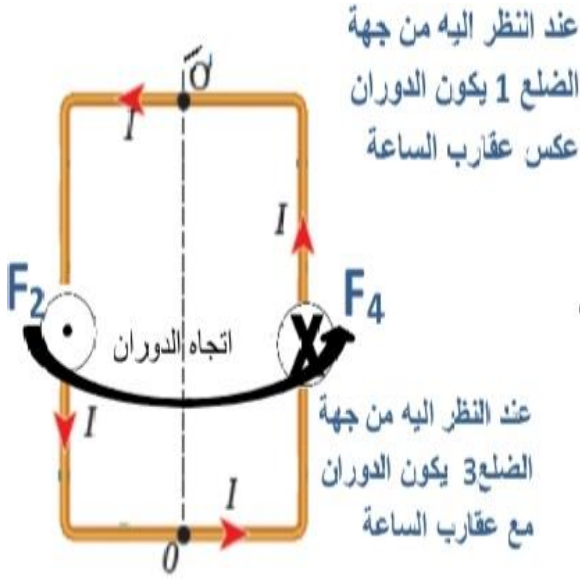
للخارج $+Z$

عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون

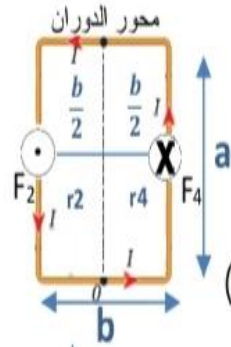
اتجاه F_4 عمودي على الصفحة للداخل

$\otimes -Z$

نلاحظ



- نلاحظ أن قوتان متساويتان مقداراً ($F_2 = F_4 = Iba$) وتؤثران باتجاهين متعاكسين وخطا عملهما غير منطبقين لذلك تشكلان ازدواجاً يعمل على تدوير الحلقة حول محور ثابت ($O O'$) يقع في مستوى الحلقة .



- مساحة الحلقة هي ($A=ab$)

- في الشكل متجه القوة عمودي على متجه

نقطة تأثير القوة (على المحور X \rightarrow على المحور Z \leftarrow)

$$\tau = Fr \sin 90 \Rightarrow \tau_{\max} = Fr$$

$$\tau_2 = F_2 r_2 = Iab \left(\frac{b}{2} \right) = \frac{IAB}{2}$$

$$\tau_4 = F_4 r_4 = Iab \left(\frac{b}{2} \right) = \frac{IAB}{2}$$

$$\tau_{\max} = \tau_2 + \tau_4 = \frac{IAB}{2} + \frac{IAB}{2}$$

$$\tau_{\max} = IAB$$

طريقة الكتاب

$$\tau_c = \tau_{\max} = Fd = IabB = IAB$$

($d=b$) البعد العمودي بين القوتين

$$I_{\max} = IAB$$

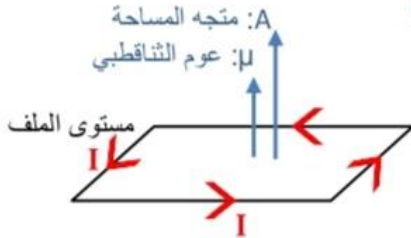
طريقة أخرى

عزم الثناقلي المغناطيسي (μ)عزم الثناقلي المغناطيسي (μ)

✓ الكمية (IA) تسمى عزم الثناقلي المغناطيسي ويرمز له بالرمز (μ)

✓ μ : كمية متجهة يحدد اتجاهها باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى

حيث تشير الاصابع الأربعة إلى اتجاه التيار في الحلقة ويشير الإبهام إلى اتجاه العزم الثناقلي المغناطيسي .



✓ اتجاه عزم ثناقلي المغناطيسي يكون باتجاه متجه المسافة (A) للحلقة (متجه عمودي على المساحة) .

$$T_{\max} = IAB = \mu B$$

– لكن مقدار العزم يتناقص عن قيمته العظمى في أثناء دوران الحلقة نتيجة تغير الزاوية (θ) و

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

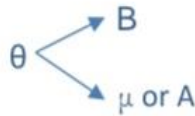
يعطى بالعلاقة :

– حيث تقع (θ) بين اتجاه المجال المغناطيسي و متجه عزم الثناقلي للحلقة (μ) او متجه المساحة (A)

– في حالة كان الملف يتكون من (N) لفة ، فإن العزم المؤثر فيه يعطى بالعلاقة :

يعتمد لحل المسائل و اظهار العوامل التي يعتمد عليها العزم

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



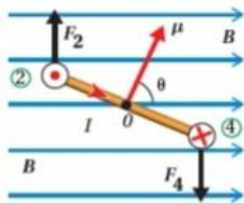
منظر جانبي

توضيح ل اتجاه μ و اتجاه كل قوة F و اتجاه الدوران

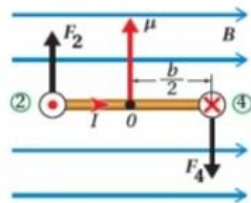
منظر علوي

كأنك بتطلع على الملف من الجانب التحت

اتجاه التيار \odot و \otimes

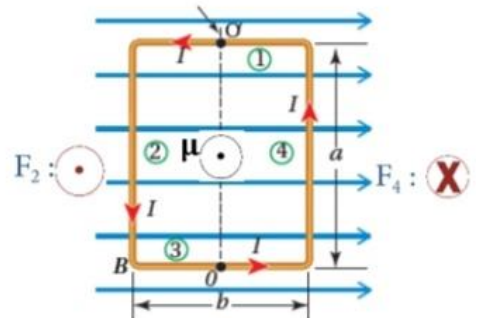
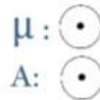


(ج): منظر جانبي للحلقة يبين الزاوية (θ) بين متجهي المجال وعزم الثناقلي المغناطيسي.



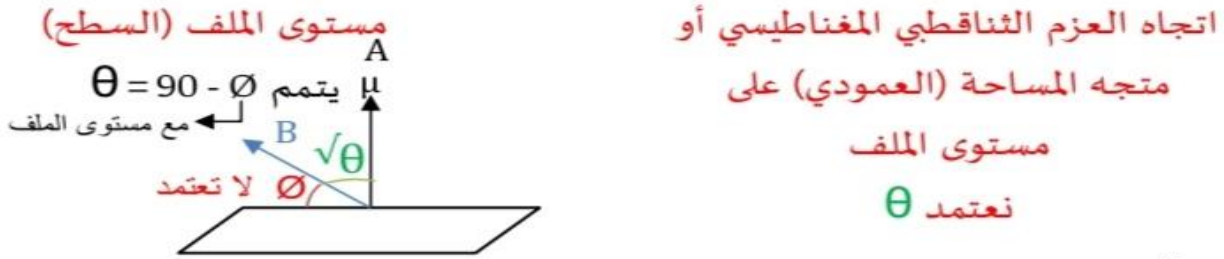
(ب): منظر جانبي للحلقة يبين الضلع (3) والقوى المغناطيسية.

لف اصابعك مع التيار ابهامك عمودي على الصفحة للخارج اي :



منظر علوي للحلقة، يبين أضلاعها الأربعة وخطوط المجال.

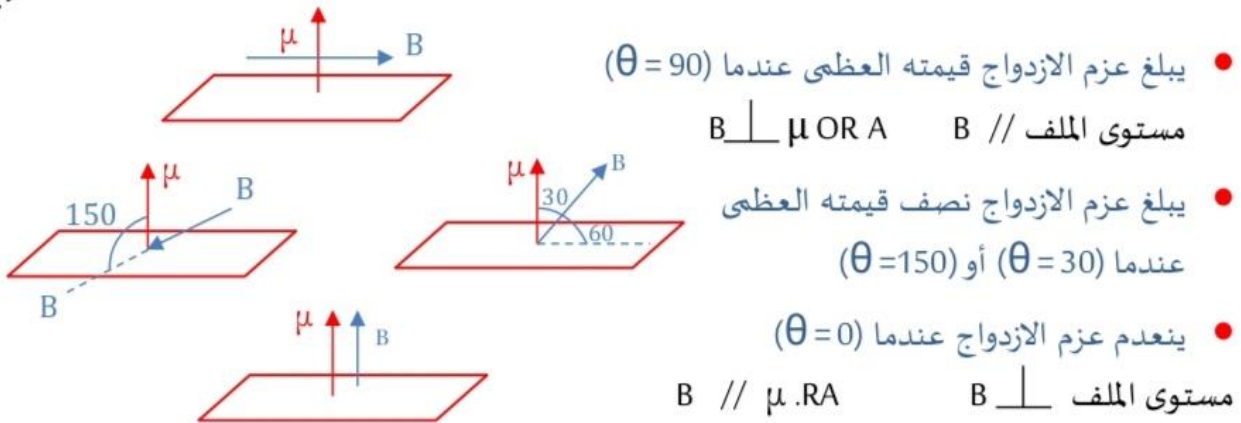
وصف الزاوية

وصف الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي و θ 

ملاحظة: عند وصف السؤال الزاوية مع (μ) أو مع مستوى الملف لكن عندما نوجد حل السؤال إجباري نأخذ θ بين B و μ أو A

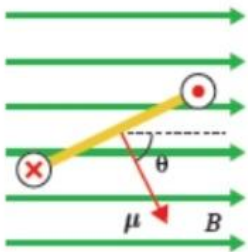
: يقاس عزم الازدواج (T) بوحدة (N.m)

للتذكير

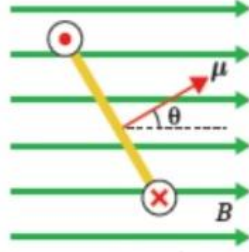


سؤال

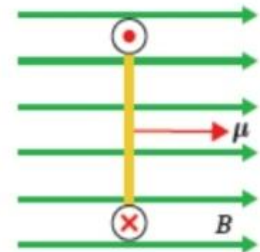
بيّن الشكل مشاهد لمقطع جانبيّ تظهر فيه الحافة القريبة من الناظر لحلقة تحمل تياراً كهربائياً، موضوعة في مجال مغناطيسيّ أفقيّ. أقرن بين عزم الدوران الذي تتأثر فيه كل حلقة واتّجاه دورانها.



فالعزم كبير لأن الزاوية قريبة من القائمة، واتجاه العزم عكس اتجاه عقارب الساعة.



يكون العزم قليلاً، لأن الزاوية بين B و μ صغيرة و يكون مع اتجاه عقارب الساعة



لا يوجد عزم دوران بين B و μ

أمثلة متنوعة على العزم المؤثر في حلقة تحمل تيار في مجال مغناطيسي منتظم

مثال

يسري تيار مقداره (0.7A) أمبير في ملف دائري عدد لفاته (10) لفات، ونصف قطره (11cm) وقابل للدوران حول محور ينطبق على مستواه اذا علمت ان النهاية العظمى لعزم الازدواج المؤثر في الملف هي $(121 \times 10^{-4} \text{N.m})$ عند غمره في مجال مغناطيسي منتظم احسب شدة هذا المجال.

النهاية العظمى تعني T_{\max} أي $\theta = 90$ $\sin 90 = 1$

$$A = \pi r^2 = \frac{22}{7} (11 \times 10^{-2})^2 = \frac{22}{7} \times 121 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

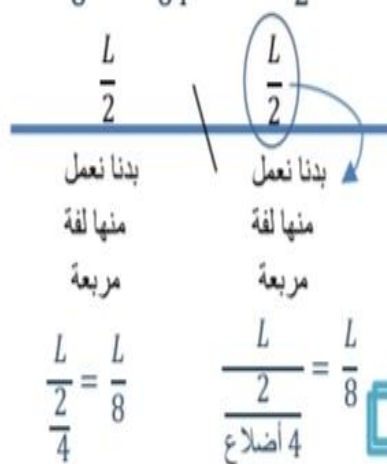
$$\tau = IBNA \sin 90 \quad 121 \times 10^{-4} = \frac{7}{10} B (10) \frac{22}{7} \times 121 \times 10^{-4} \quad B = \frac{1}{22} \text{ Tesla}$$

مثال

سلك طوله (L) يراد عمل ملف منه أيهما سيحدث عزم ازدواج أكبر اذا عمل على شكل

لفة سريعة واحدة ام على شكل لفتين مربعتين . وضح اجابتك ؟

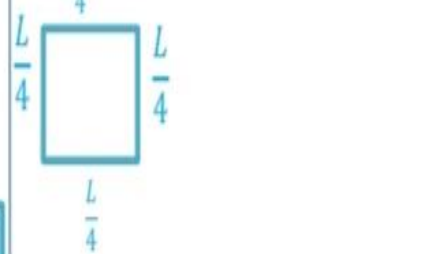
الحالة الثانية:
اذا عمل على شكل لفتين يعني كل ضلع رح يكون $\frac{L}{8}$

$$A = \left(\frac{L}{8}\right)^2 = \frac{L^2}{64} \quad N = \frac{L^2}{2}$$


بدنا نعمل منها لفة
مربعة
 $\frac{L}{2} = \frac{L}{8}$

الحالة الأولى:
اذا عمل على شكل لفة واحدة يعني كل ضلع رح يكون $\frac{L}{4}$

$$A = (\text{ضلع تربيع})^2 = \left(\frac{L}{4}\right)^2$$

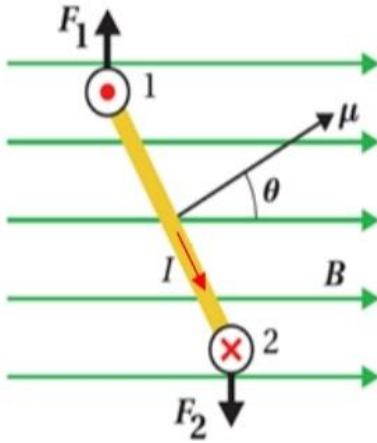
$$A = \frac{L^2}{16} \quad N = 1$$


بدنا نعمل منها لفة
مربعة
 $\frac{L}{2} = \frac{L}{8}$

الحالة الأولى:
 $\tau_1 = I \left(\frac{L^2}{16}\right) (1) B \sin \theta$

$$\tau_2 = I \left(\frac{L^2}{64}\right) (2) B \sin \theta = \frac{IL^2}{32} B \sin \theta$$

$$\tau_1 > \tau_2$$



مثال

حلقة مستطيلة الشكل مساحتها $(8 \text{ cm} \times 3 \text{ cm})$ يسري فيها تيار (12 A) ملقاةً داخل مجال مغناطيسي منتظم (600 mT) ، والزاوية بين المجال ومُتجه عزم الثناقبطي $(\theta = 30^\circ)$ ، كما بيّن أحسب العزم الذي يؤثر به المجال المغناطيسي في الحلقة، وأحدّد اتجاه الدوران.

الحل:

$$A = a \times b = 8 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-2}$$

$$A = 2.4 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\tau = IAB \sin \theta$$

$$\tau = 12 \times 2.4 \times 10^{-3} \times 0.6 \times \sin 30^\circ$$

$$\tau = 8.64 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

باستخدام قاعدة اليد اليمنى؛ أحدّد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الضلع 1؛ حيث أن المجال باتجاه $(+x)$ ، والتيار باتجاه $(+z)$ ، فتكون القوة باتجاه $(+y)$ ، وتكون القوة المؤثرة في الضلع 2 باتجاه $(-y)$ ، وبذلك يكون دوران الحلقة مع اتجاه دوران عقارب الساعة.

مثال

سلك فلزي طوله (L) عُمل منه ملف مربع الشكل مكون من لفتين و يسري فيه تيار كهربائي مقدار (10A) وضع في مجال مغناطيسي منتظم مقدار (0.2T) بحيث كانت القيمة العظمى لعزم الازدواج المؤثر في الملف تساوي $(4 \times 10^{-4} \text{ N.m})$ احسب طول السلك (L) .

نفس الفكرة تقريباً تبعت امثال السابق اول اشئ لازم تستفيد من المعطيات و توجد مساحة الملف بعدها بتعوض $A = \text{الضلع}^2$ و تذكر طول الضلع هنا $\frac{L}{8}$ ((لفتين))

$$T = IBNA \sin \theta \Rightarrow 4 \times 10^{-4} = 10 \left(\frac{2}{10} \right) (2) A (1) \Rightarrow A = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \left(\frac{L}{8} \right)^2 \Rightarrow 1 \times 10^{-4} = \frac{L^2}{64} \Rightarrow L^2 = 64 \times 10^{-4} \Rightarrow L = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

مثال

ملف مستطيل ابعاده (2cm×3cm) يتكون من سلك عدد لفاته (50) لفة، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (20mT) وقابل للدوران حول محور ينطبق على مستواه ويمر بمركزه وعمودي على المجال . اذا مر به تيار كهربائي مقداره (10A) احسب عزم الازدواج في كل من الحالات :

(1) عندما يكون مستوى الملف موازياً لخطوط المجال .
 (2) عندما يكون مستوى الملف عمودياً على خطوط المجال .
 (3) عندما يكون مستوى الملف مائلاً و الزاوية المحصورة بين المجال و العودي على الملف 30° .
 (4) عندما يكون مستوى الملف مائلاً و الزاوية المحصورة بين المجال و مستوى الملف 30° .

$$A = 2 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2} = 6 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$1) T = IBNA \sin 90$$

$$= 10(20 \times 10^{-3})(50)(6 \times 10^{-4})(1) = 6 \times 10^{-3} \text{N.m}$$

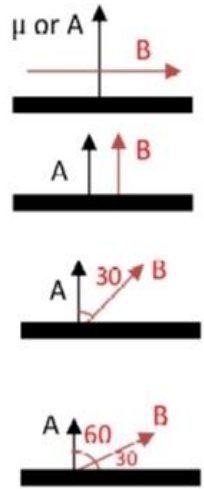
$$2) T = IBNA \sin 0 = 0$$

$$3) T = IBNA \sin 30$$

$$T = 10(20 \times 10^{-3})(50)(6 \times 10^{-4}) \frac{1}{2} = 3 \times 10^{-3} \text{N.m}$$

$$4) T = IBNA \sin 60 = 6 \times 10^{-3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$= 3\sqrt{3} \times 10^{-3} \text{N.m}$$



مثال

يمثل الشكل سلكا على شكل مربع مكون من (20) لفة ويحمل تيارا مقداره (10A) سُلط عليه مجال مغناطيسي مقداره (4T) باتجاه مجول السينات الموجب

اذا كان السلك حر الحركة للدوران حول محور (y+) أجب عما يلي

(1) جد مقدار عزم الازدواج المؤثر في الملف

(2) هل ستزداد الزاوية 60 ام ستقل .

θ هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال (B) و متجه المساحة (A)

60 هي الزاوية المحصورة بين B و مستوى الملف لذلك

$$\theta = 90 - 60 = 30$$

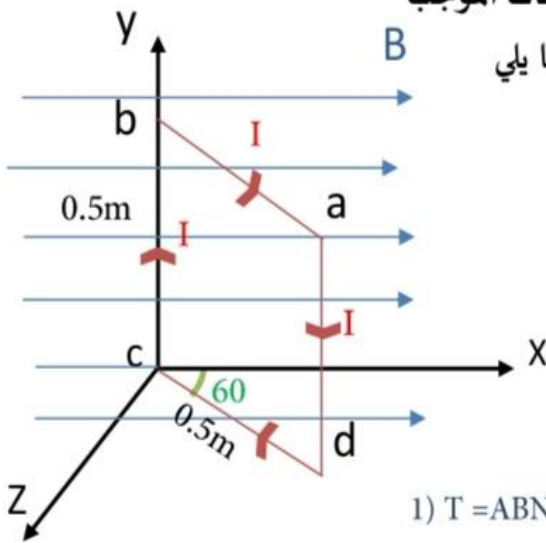
$$A = (\text{ضلع})^2 = \left(\frac{5}{10}\right)^2 = \frac{25}{100} = \frac{1}{4} \text{m}^2$$

$$1) T = ABNI \sin \theta = \frac{1}{4}(4)(20)10\left(\frac{1}{2}\right) = 100 \text{N.m}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن الضلع (ab) يتأثر بقوة مغناطيسية نحو الناظر

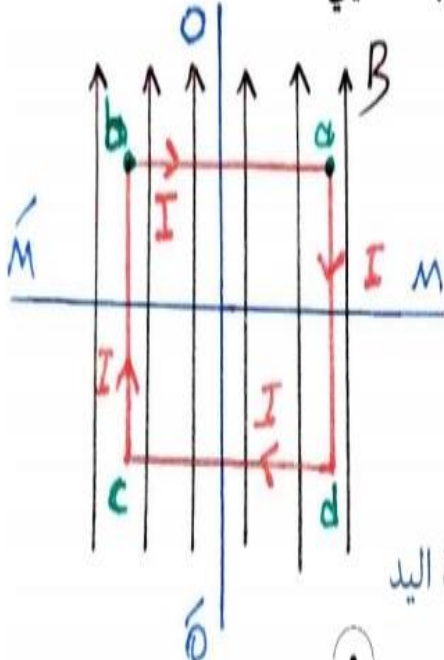
أي تبعد عن المستوى (xy) و تقربه من المستوى (zy) سيتحرك باتجاه عقارب الساعة (↻)

و عليه فإن الزاوية ستزداد



مثال

يمثل الشكل المجاور ملف على شكل مربع (ab, cd) عدد لفاته 4 لفات ، صنع من سلك طوله (64cm) و يحمل تياراً كهربائياً مقداره (0.25A) سلط عليه مجال مغناطيسي مقداره (0.5T) بحيث يكون المجال المغناطيسي و الملف في مستوى الصفحة اجب عما يلي :



(1) حدد محور دوران (M', M) أم (O', O)

(2) حدد اتجاه الدوران للملف عند النظر اليه بشكل جانبي من الشرق

(3) جد مقدار عزم الازدواج المؤثر في الملف

(4) جد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الضلع (ab)

سيؤثر فقط الضلعان (ab) و (cd) بالقوة المغناطيسية لذلك بنطبق قاعدة اليد

اليمنى F_{ab} : \odot و F_{cd} : \otimes و عند النظر اليه من الشرق

يكون اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة حول المحور (M', M)



$$3) T = IBNA \sin \theta \quad T = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} \right) (4) 16 \times 10^{-4} (1) = 8 \times 10^{-4} \text{ N.m}$$

$$4) F_B = ILB \sin \theta = \frac{1}{4} (4 \times 10^{-2}) \left(\frac{1}{2} \right) (1) = \frac{1}{2} \times 10^{-2} \text{ N } \odot$$

$$= 5 \times 10^{-3} \text{ N } \odot +Z$$

طول الضلع
مش تعوض
الطول كله

$$\frac{\text{الكلبي الطول}}{\text{عدد اللفات}} = \text{طول الضلع}$$

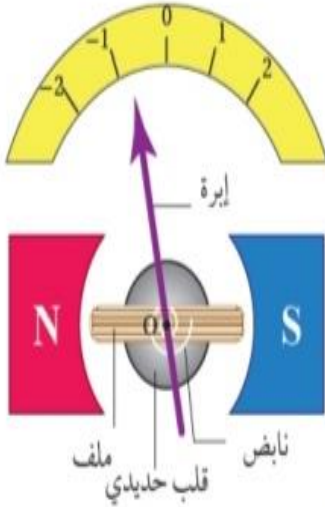
$$= \frac{L_{\text{الكلبي}}}{4N} = \frac{64 \times 10^{-2}}{4(4)}$$

$$= 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$A = (4 \times 10^{-2})^2 = 16 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

3 تطبيقات تكنولوجية

التطبيق الأول: الغلفانوميتر



الغلفانوميتر Galvanometer

الغلفانوميتر أداة تستخدم للكشف عن التيار الكهربائي وقياسه، صنع قبل 200 سنة تقريباً، ثم تطورت صناعته. النوع المُستخدَم منه الآن يسمى الغلفانوميتر ذو الملف المُتحرك الذي يمكنه قياس تيارات صغيرة جداً (μA) يعتمد في عمله على العزم الذي يؤثر به المجال المغناطيسي المنتظم في ملف قابل للدوران عند مرور تيار كهربائي فيه.

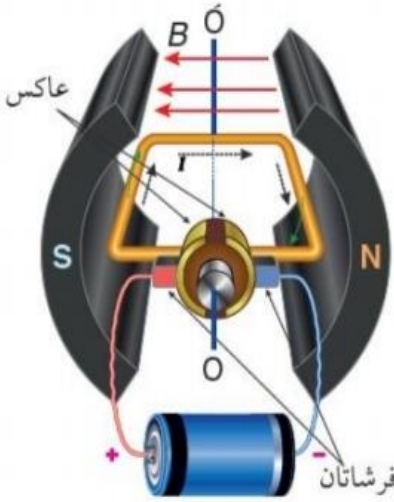
أجزاء الغلفانوميتر ووظائفها:

- قطبا مغناطيس متقابلان بينهما مجال مغناطيسي؛ يؤثر بقوة مغناطيسية في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه، كما في الشكل
- ملفٌ مستطيلٌ من سلك نحاسي رفيع معزول مغمور في المجال المغناطيسي.
- عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر بعزم ازدواج فيدور حول محور يمرُّ بالنقطة (0) وعمودي على الصفحة، وتدور معه إبرة تشير إلى تدرج مُعيّن يتناسب مع قيمة التيار.
- قلبٌ حديديٌّ داخل الملف وظيفته تركيز المجال المغناطيسي في الملف؛ لأن الحديد مادة مغناطيسية تسمح بنفاذية عالية لخطوط المجال المغناطيسي (سأتعرّف ذلك في الدرس الثاني).
- نابضٌ حلزونيٌّ مثبتٌ في أحد طرفي المحور. وظيفته إرجاع الملف إلى وضع الصفر بعد توقّف مرور التيار الكهربائي فيه.

التطبيق الثاني: المحرك الكهربائي

المحرك الكهربائي Electric Motor

جهازٌ يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية، يُستخدم في كثير من التطبيقات؛ مثل السيارة الكهربائية. يتكوّن المحرك الكهربائي كما يبين الشكل من الأجزاء الرئيسة الآتية:



- قطبا مغناطيس متقابلان يولّدان مجالاً مغناطيسياً.
- ملفّ من سلكٍ نحاسيّ معزولٍ ومغمورٍ في مجالٍ مغناطيسيّ يؤدي إلى دورانه حول محور (OO') نتيجة تأثره بعزم عند مرور تيار كهربائيّ فيه نتيجة للقوة المغناطيسية المؤثرة فيه.
- العاكس: وهو نصفاً أسطوانة موصلة، يتّصل كلّ نصفٍ بأحد طرفي الملفّ، وظيفته توصيل التيار الكهربائيّ إلى الملفّ وعكس اتجاهه كل نصف دورة.
- فرشتان من الكربون تلامسان العاكس وتتصلان بمصدر التيار، فتنقلانه إلى العاكس، وعند دوران الملفّ يحدث تبديلٌ في تلامس إحدى الفرشتين مع أحدٍ نصفي العاكس كلّ نصف دورة، فينعكس اتجاه التيار الكهربائيّ في الملفّ وتنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد. تعتمد سرعة دوران المحرك الكهربائيّ على العزم الذي تولّده القوة المغناطيسية على الملفّ.

الربط مع الفضاء



تحتاج الأقمار الصناعية لضبط توجيهها من حين لآخر، لذلك تُزوّد بملفاتٍ يجري إيصالها بالتيار عند الحاجة؛ فيؤثر المجال المغناطيسيّ الأرضيّ فيها بعزمٍ يعمل على تدوير القمر الصناعي لضبط اتجاهه. علمًا أنّ مصدر التيار هو الخلايا الشمسية



أسئلة مراجعة الدرس الأول

السؤال 1

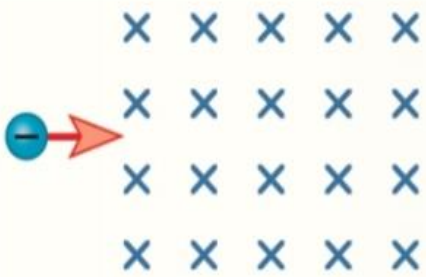
أعرّف المجال المغناطيسي عند نقطة، وأذكر وحدة قياسه في النظام الدولي للوحدات. ثم أعدد خصائص خطوط المجال المغناطيسي.

المجال المغناطيسي: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة عندما تتحرك بسرعة (1m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، لحظة مرورها في تلك النقطة. ويقاس بوحدة تسلا (T) وفق النظام الدولي للوحدات.

خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

- خطوط وهمية مقلّبة تخرج من القطب الشمالي وتدخل القطب الجنوبي، تكمل مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشمالي.
- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأن للمجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة، يُحدّد باتجاه المماس لخط المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها.

السؤال 2



يتحرك إلكترون باتجاه محور (+x) فيدخل مجال

مغناطيسيًا منتظمًا اتجاهه مع محور (-z) كما في الشكل.

أستنتج اتجاه القوة المغناطيسية التي يؤثرها المجال في الإلكترون لحظة دخوله منطقة المجال، ثم أبين إن كانت هذه القوة ستحافظ على اتجاهها بعد أن يُغيّر الإلكترون موقعه، أم لا، وأفسر إجابتي.

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لمعرفة اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الإلكترون، مع مراعاة أن شحنته وكلما تغيّر اتجاه سرعة الإلكترون يتغير (-y) سالبة، يكون اتجاه القوة نحو الأسفل، باتجاه محور اتجاه القوة المغناطيسية، لأنها تؤثر باستمرار باتجاه يتعامد مع اتجاهي السرعة والمجال.

السؤال 3

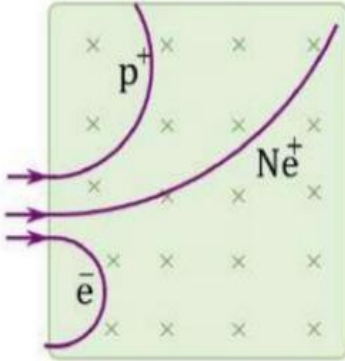
معتمدًا على العلاقة الرياضية التي أستخدمها في حساب مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثرها مجال مغناطيسي في شحنة متحركة فيه: أستنتج العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة وأبين نوع العلاقة.

معتمدًا على العلاقة: $FB = qvB \sin \theta$ أجد أن القوة المغناطيسية تتناسب طرديًا مع مقدار كل من: الشحنة الكهربائية، سرعتها والمجال المغناطيسي وجيب الازوية بين اتجاهي السرعة والمجال.

السؤال 4

ثلاث جسيمات مشحونة: إلكترون، وبروتون، وأيون صوديوم ($+Na$): دخلت منطقة

مجال مغناطيسي منتظم في جهاز مطياف الكتلة بالسرعة نفسها. كيف أميز كل جسيم منها عن طريق اتجاه الانحراف ونص قطر المسار؟ أوضح إجابتك بالرسم.



الجسيمات الثلاثة متساوية في الشحنة والسرعة، لذلك تتأثر بقوى متساوية، الإلكترون سالب الشحنة فينحرف (حسب اتجاه السرعة والمجال الميّن بالرسم) مع اتجاه عقارب الساعة. أما البروتون وأيون الصوديوم فإن شحنتيهما موجبتان، وينحرفان عكس اتجاه عقارب الساعة. وحيث أن أيون الصوديوم أكبرها كتلة فيكون لمساره أكبر نصف قطر، كما في الشكل.

السؤال 5

أجيب عن السؤالين الآتيين، وأفسر إجابتك:

- أ. هل يمكن لمجال مغناطيسي أن يجعل إلكترونًا يبدأ حركته من السكون؟
ب. هل ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عمودي عليه؟
أجيب عن السؤالين...

- لا يمكن للإلكترون أو أي جسيم مشحون آخر أن يبدأ حركته من السكون بتأثير مجال مغناطيسي، لأن المجال لا يؤثر بقوة في الشحنات الساكنة.
- لا ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عمودي عليه، لأنه غير مشحون، والقوة المغناطيسية تؤثر في الأجسام المشحونة.

السؤال 6

يتحرك بروتون بسرعة ($4 \times 10^6 \text{ m/s}$) في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.7 T)

فيتأثر بقوة مغناطيسية ($8.2 \times 10^{-13} \text{ N}$) أجد قياس الزاوية بين متجهي سرعة البروتون وخطوط

المجال المغناطيسي.

$$F_B = qvB \sin \theta \rightarrow \sin \theta = \frac{F_B}{qvB}$$

$$\sin \theta = \frac{8.2 \times 10^{-13} \text{ N}}{1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^6 \times 1.7} = 0.75$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.75) = 48.6^\circ$$

السؤال 7

معتمدًا على العلاقة الرياضية للعزم المؤثر في ملف داخل مجال مغناطيسي؛ أستنتج

العوامل التي تعتمد عليها سرعة دوران المحرك الكهربائي.

معتمدًا على العلاقة: $\tau = IAB \sin \theta$ أجد أن عزم الدوران يتناسب طرديًا مع كل من التيار الكهربائي ومساحة الملف ومقدار المجال المغناطيسي (علمًا أن جيب الزاوية بين متجه مساحة الملف ومتجه المجال المغناطيسي يتغير خلال الدورة الواحدة)، وهذه العوامل تؤثر في سرعة دوران المحرك الكهربائي، لأن سرعة دورانه تحدث بتأثير عزم الدوران.

المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

المغناطيس الكهربائي:

لاحظت في الدرس السابق أن المجال المغناطيسي ينشأ حول مغناطيس دائم، لكن الاستخدام العملي والتطبيقات التكنولوجية في الغالب تعتمد على المغناطيس الكهربائي؛ إذ يمكن توليد مجال مغناطيسي بتمرير تيار كهربائي في موصل.

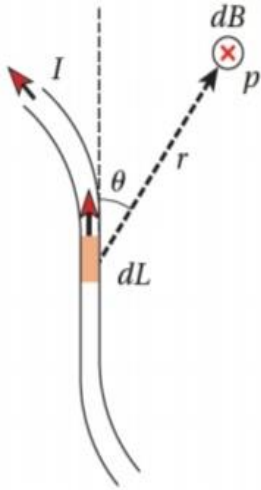
المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل يحمل تياراً كهربائياً:

Magnetic Field of a Current Carrying Conductor

أعلم أن الشحنة الكهربائية تولد حولها مجالاً كهربائياً؛ سواءً أكانت ساكنة أم متحركة. إضافة إلى ذلك؛ فإن شحنة كهربائية متحركة تولد حولها مجالاً مغناطيسياً. هذا ما لاحظته العالم الدنماركي أورستد، عندما وضع بوصلة بالقرب من سلك يمر فيه تيار كهربائي؛ فانحرفت إبرة البوصلة. جان بيو J. Biot وفيليكس سافار F. Savart؛ عالمان فرنسيان تابعا أبحاثهما في الموضوع نفسه، إلى أن توصلا تجريبياً إلى علاقة رياضية لحساب المجال المغناطيسي الذي يولده موصل يحمل تياراً كهربائياً، عُرفت العلاقة بقانون بيو-سافار

تمثل الصورة الرياضية الآتية $dB = \frac{\mu_0 I dL \sin\theta}{4\pi r^2}$ تعبيراً رياضياً في المغناطيسية

سؤال



أجب عمل يلي : (أنظر الشكل)

- 1) ما اسم القانون الذي تعبر عنه هذه الصورة ، وفي ماذا يستخدم هذا القانون؟
- 2) ما دلالة الرمز (μ) و ما هي وحدة قياسه ؟
- 3) ما دلالة كل رمز في القانون
- 4) ما الزاوية المحصورة بين (B) و كل من (r و dL) .
- 5) اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار واتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مقطع صغير من موصل يحمل تياراً كهربائياً ، عند نقطة بالقرب من هذا الموصل .

1) قانون (بيو-سافار) و يستخدم لحساب المجال المغناطيسي الذي يولده موصل يحمل تياراً كهربائياً

2) μ_0 : ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) ، و قيمته $(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A})$

يعبر مقدار النفاذية المغناطيسية عن قابلية الوسط لتدفق خطوط المجال المغناطيسي خلاله حيث تكون اقل نفاذية للفراغ و أكبرها للحديد و المواد المغناطيسية الأخرى

هو $\mu_0 > \mu_{\text{حديد}}$ يعني

3 dB : مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (P) الناشئ عن قطعة صغيرة (dL) من موصل يسري فيه تيارا كهربائي (I) و المسافة (r) هي مقدار المتجه الذي يمتد من (dL) الى النقطة (P) و يصنع زاوية (θ) مع متجه الطول للقطعة (dL) كما يلي في الشكل .

4) الزاوية هي (90) لان المجال عمودي على الصفحة للدخل (X) و dL و r منطبقين على الصفحة .

5. جيب الزاوية بين متجه طول المقطع (dL) و متجه



بعد النقطة (r)

1. النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)

2. مقدار التيار الكهربائي المار في الموصل (I)

3. طول المقطع المؤثر في الموصل (dL)

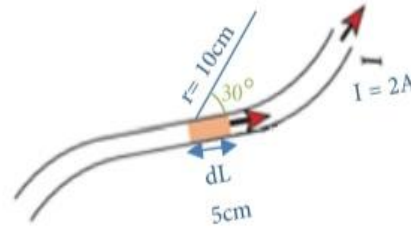
4. مربع المسافة بين النقطة و المقطع (r²)

سؤال في الشكل المجاور جد مقدار المجال المغناطيسي (dB) عند النقطة (P) و الناشئ عن مرور

تيار كهربائي (I) في جزء من الموصل (dL) علماً بأن $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$

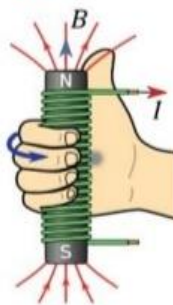
$$dB = \frac{\mu_0 IdL \sin \theta}{4\pi r^2} \quad \sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{4\pi} \times \frac{2(5 \times 10^{-2}) \left(\frac{1}{2}\right)}{(10 \times 10^{-2})^2} = 5 \times 10^{-7} \text{ T}$$



Note حساب مقدار واتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي (I) في

3) ملف لولبي



2) ملف دائري



1) موصل مستقيم لا نهائي الطول



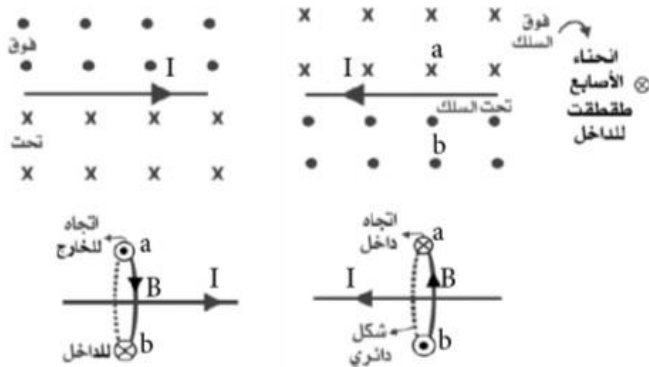
أولاً

المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل مستقيم طويل

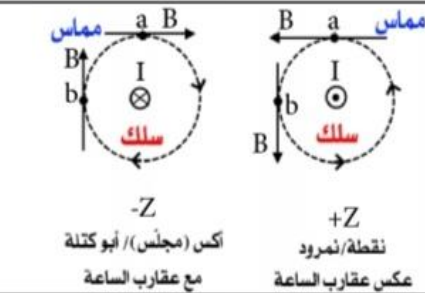
تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة باستخدام قاعدة اليد اليمنى (القبضة)	حساب مقدار المجال المغناطيسي (القانون)	وصف شكل خطوط المجال المغناطيسي	مصدر المجال المغناطيسي ومكان الدراسة المطلوب
<p>- السلك يمر فيه تيار واحد لذلك نحتاج اصبع واحد له وهو الإبهام حيث:</p> <p>أولاً: يشير الإبهام إلى اتجاه التيار (I).</p> <p>ثانياً: تشير بقية الأصابع بوضع القبضة إلى اتجاه المجال (المماس)</p>	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ <p>موصل مستقيم (مقطع توتنجي على الدوار) محيط الدائرة. (2πr)</p> <ul style="list-style-type: none"> • يستخدم لحساب كل من: <ol style="list-style-type: none"> 1. (r, I, B) 2. إظهار العوامل التي يعتمد عليها (B). <p>موصل مستقيم</p>		<p>يحسب المجال المغناطيسي عند أي نقطة حول الموصل وتبعد عنه مسافة (r)</p> <p>- على شكل دوائر متحدة في المركز الذي يقع عند نقطة على محور السلك. ويكون مستوى الدوائر عمودياً على الموصل</p>

حدد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم عند النقطة (b,a)؟

سؤال



1. طقطقت ⊗
2. ما طقطقت ⊙
3. مجلس ⊗ مع عقارب الساعة.
4. نمروود ⊙ عكس عقارب الساعة



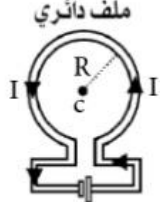
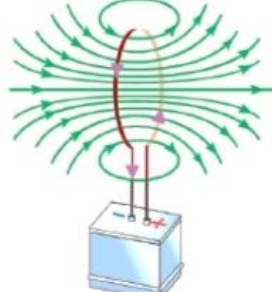
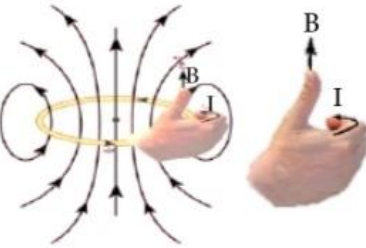

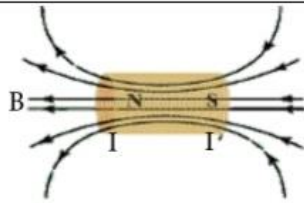
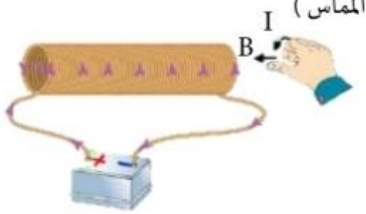
ملاحظة

المجال المغناطيسي عند نقطة تقع على:

- 1) سلك مستقيم طويل
 - 2) سلك اطلق دائري
 - 3) سلك اطلق اللولبي
- (يساوي صفراً)

ثانياً

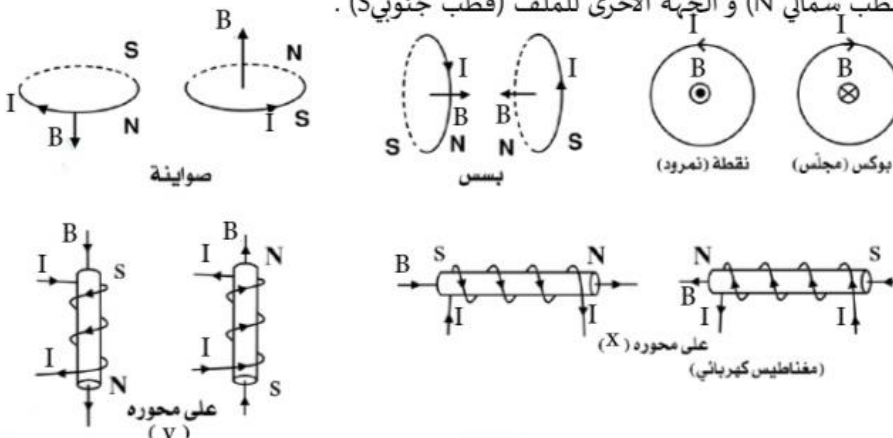
المجال المغناطيسي الناشئ عن الملفات (الملف الدائري و الملف اللولبي)

مصادر المجال المغناطيسي ومكان الدراسة المطلوب	وصف خطوط المجال المغناطيسي (الشكل)	حساب مقدار المجال المغناطيسي (القانون)	تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة باستخدام قاعدة اليد اليمنى (القبضة)
ملف دائري  فقط في مركز الملف عند (c) يطلب حساب مقدار واتجاه المجال لأنه مجال منتظم وعلى شكل خط مستقيم .	 يكون المجال في مركز الملف عمودياً على مستوى الملف ويمكن تمثيله بخط مستقيم بينما تنحني الخطوط ويزداد انحناءها كلما ابتعدنا عن المركز.	$B = \frac{\mu_0 I N}{2R}$ - يستخدم لحساب كل من : 1. (R, I, B) 2. اظهار العوامل (B دائري)	الملف له لفات وبالتالي تيارات لذلك نحتاج الأصبع للتيار (يعكس الموصل المستقيم) أولاً: توضع الأصابع الأربعة باتجاه تيار الملف. ثانياً: يشير الإبهام إلى اتجاه المجال في مركز الملف وهو اتجاه المماس . 
ملف لولبي  يطلب حساب مقدار واتجاه المجال فقط داخل الملف و بعيداً عن الأطراف لأنه في الداخل منتظم. عندما تكون حلقات الملف اللولبي مترابطة و طوله أكبر بكثير من قطره .	 يكون المجال داخل الملف على شكل خطوط مستقيمة متوازية بعيداً عن طرفي الملف. لا يكون عند الأطراف منتظم بسبب وجود انحناءات	$B = \frac{\mu_0 I N}{L}$ لكن $n = \frac{N}{L}$ (لفة / م) $B = \mu_0 I n$	الملف له لفات وبالتالي تيارات لذلك الأصابع للتيار (نفس الملف الدائري) أولاً: توضع الأصابع الأربعة باتجاه تيار الملف. ثانياً: يشير الإبهام إلى اتجاه المجال (اتجاه المماس) 

سؤال حدد اتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملفات التالية:

يعتبر الملف الدائري و الملف اللولبي مغناطيس كهربائي عند مرور التيار فيه و تحدد أقطابه باستخدام قبضة اليد اليمنى حيث في

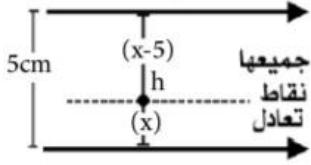
جميع الملفات هنا يكون دائماً الإبهام (قطب شمالي N) و الجهة الأخرى للملف (قطب جنوبي S).



أمثلة متنوعة على المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

مثال

في الشكل المجاور حدد موضع نقطة



انعدام المجال المغناطيسي:
حتى تكون (h) نقطة انعدام
المجال المغناطيسي لا بد أن
يكون: $B_{1h} = B_{2h}$

$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_{1h}} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{2h}}$$

$$\frac{I_1}{r_{1h}} = \frac{I_2}{r_{2h}} \rightarrow \frac{12}{x} = \frac{18}{(x-5)}$$

$$60 - 12x = 18x$$

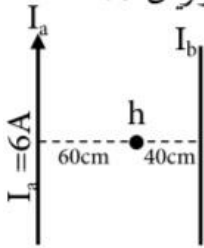
X = 2cm عن I_1 و x 3cm عن I_2

عن

حيث: ينعدم المجال المغناطيسي عند النقاط جميعها
الواقعة على خط مستقيم يوازي الموصلين و على بعد 2cm
عن الموصل الأول و 3cm عن الموصل الثاني

مثال

سلكان مستقيمان متوازيان المسافة



بينهما (100cm) بالاعتماد على الشكل
احسب شدة التيار المار في السلك
(ب) حتى يكون المجال المغناطيسي
عند (a) صفراً و حدد اتجاهه .

حتى يكون المجال المغناطيسي عند (h) يساوي صفراً لا بد
أن يكون $B_{ah} = B_{bh}$

$$\frac{\mu_0 I_a}{2\pi r_{ah}} = \frac{\mu_0 I_b}{2\pi r_{bh}}$$

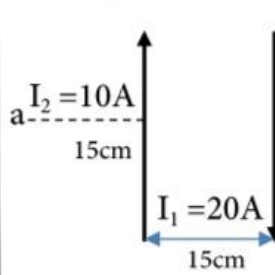
$$\frac{6}{60 \times 10^{-2}} = \frac{I_b}{40 \times 10^{-2}}$$

$I_b = 4$ أمبير ،

باتجاه تيار السلك (a) باتجاه (+y)

مثال

سلكان متوازيان مستقيمان يقعان في



مستوى الصفحة ، يحملان تياران
متعاكسان في اتجاه ، بالاعتماد
على البيانات المثبتة على الشكل
احسب مقدار المجال المغناطيسي
عند النقطة (a) .

هناك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (a) و بالتالي :

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(20)}{2\pi(30 \times 10^{-2})} = \frac{4}{3} \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{نحو } \otimes$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(10)}{2\pi(15 \times 10^{-2})} = \frac{4}{3} \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{نحو } \odot$$

$$B_a = B_1 - B_2 = 0 \quad (\text{نقطة انعدام})$$

نقطة التعادل

هي النقطة التي تساوي محصلة المجالات
المغناطيسية عندها صفراً حيث مجالات
متساوية مقداراً $[B_2 = B_1]$ ومتعاكسة اتجاهاً
أي مصدر أي مصدر

إرشاد

عندما يكون سلكان متوازيان فإن نقطة

التعادل تحدد على النحو التالي :

الحالة الأولى: تياران في الاتجاه نفسه (صحاب)

– تقع نقطة التعادل بينهما و أقرب إلى السلك الذي يحمل
تيار كهربائي أقل مقداراً .

– إذا كان مقدارا التيارين متساويين فإن نقطة التعادل تقع في
منتصف المسافة بينهما .

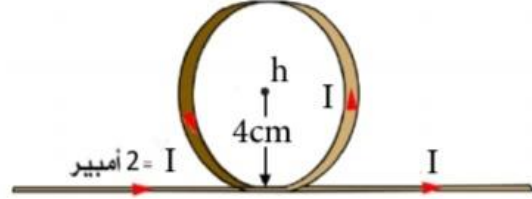
الحالة الثانية: تياران في اتجاهين متعاكسين (مش صحاب)

– تقع نقطة التعادل خارجهما و أقرب إلى السلك الذي يحمل
تيار كهربائي أقل مقداراً

– إذا كان مقدار التيارين متساويين فإن نقطة التعادل لا وجود
لها (الحالة الوحيدة)

مثال

في الشكل سلك مستقيم طويل جداً يحمل تيار صنع في جزء منه عروة دائرية عدد لفاتها 7 لفات احسب مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه في مركز العروة .



الحل :

هنالك مؤثران للمجال المغناطيسي عند مركز العروة و بالتالي :

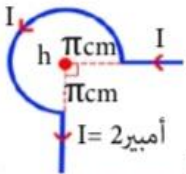
$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{7(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2\pi(4 \times 10^{-2})} = 1 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه } \odot$$

$$B_{\text{دائري}} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{7(4 \frac{22}{7} \times 10^{-7})(2)}{2(4 \times 10^{-2})} = 22 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه } \odot$$

$$B_{\text{ن}} = B_{\text{سلك}} + B_{\text{دائري}} = 1 \times 10^{-5} + 22 \times 10^{-5} = 23 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه } \odot$$

مثال

اعتماداً على البيانات في الشكل المبين : احسب المجال المغناطيسي في النقطة (h).



المقطعان المستقيمان على يمين على أسفل النقطة (h) لا يولدان مجالاً مغناطيسياً عند النقطة (h) لأنها تقع على امتداديهما أي أن : B (مقطعين مستقيمين) = صفراً

هنالك مؤثر واحد للمجال المغناطيسي عند النقطة (h) و بالتالي :

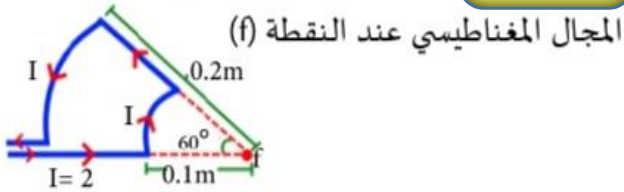
$$B_{\text{h(دائري)}} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{\frac{3}{4}(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2(\pi \times 10^{-2})}$$

$$= 3 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \odot \text{ تسلا باتجاهه}$$

$$\text{تذكر } N = \frac{3}{4} \text{ اللفة (الحلقة الدائرية)}$$

مثال

اعتماداً على البيانات في الشكل المبين:



المقطعان المستقيمان على امتداد النقطة (h) لا يولدان مجالاً مغناطيسياً عند النقطة (h) لأنها تقع على امتداديهما أي أن : B (مقطعين مستقيمين) = صفر

$$N = ? \quad 360 \rightarrow \text{لفة (1)} \rightarrow N = \frac{60}{360} = \frac{1}{6} \text{ لفة}$$

$$60 \rightarrow \text{لفة (N)}$$

$$(N = \frac{h}{360} = \frac{60}{360} = \frac{1}{6} \text{ لفة}) \quad N_{\text{(مقطع دائري)}} = \frac{h}{360}$$

$$B_{\text{مقطع دائري داخلي}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\frac{1}{6}(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2(1 \times 10^{-1})}$$

$$= \frac{2\pi}{3} \times 10^{-6} \text{ T} \quad \text{باتجاه } \otimes$$

$$B_{\text{مقطع دائري خارجي}} = \frac{\frac{1}{6}(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2(1 \times 10^{-1})} = \frac{1\pi}{3} \times 10^{-6} \text{ T} \quad \odot$$

باتجاه

$$B_{\text{ن}} = B_{\text{داخلي}} - B_{\text{خارجي}}$$

$$= \frac{2\pi}{3} \times 10^{-6} - \frac{1\pi}{3} \times 10^{-6} = \frac{1\pi}{3} \times 10^{-6} \text{ T} \quad \otimes \text{ باتجاهه}$$

مثال

بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل إذا علمت أن الأسلاك (a, b) لا نهائية الطول، و تقع في مستوى الصفحة .



احسب المجال المغناطيسي في النقطة (h) مقداراً و اتجاهاً.

الحل :

المقطعان المستقيمان على يمين و على يسار النقطة (h) لا يولدان مجالاً مغناطيسياً عند النقطة (h) لأنها تقع على امتداديهما أي أن : B (مقطعين مستقيمين) = صفر

هنالك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (h) و بالتالي :

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(5)}{2\pi(5 \times 10^{-2})} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \odot \text{ باتجاهه}$$

$$B_{\text{مقطع دائري}} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{(\frac{1}{2})(4\pi \times 10^{-7})(10)}{2(\pi \times 10^{-2})} = 10 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \otimes \text{ باتجاهه}$$

Note هنا يعامل المقطع الدائري على القانون باعتبار $N = \frac{1}{2}$ حلقة

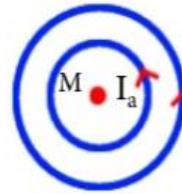
مثال

في الشكل المجاور a, b ملفان دائريان

متحدان في المركز والمستوى إذا علمت أن :

$$(I_a = 10A), (N_a = 150 \text{ لفة}), (R_a = 15cm)$$

$$(I_b = 20A), (N_b = 100 \text{ لفة}), (R_b = 20cm)$$



1) احسب شدة المجال المغناطيسي عند المركز (M)

2) إذا عكس اتجاه التيار (a) احسب شدة المجال

المغناطيسي عند المركز النقطة (M)

الحل :

1) هناك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (M) و بالتالي :

$$B_a = \left(\frac{N\mu I}{2R} \right) = \frac{150(4\pi \times 10^{-7})(10)}{2(15 \times 10^{-5})} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T} \quad \text{باتجاه} \odot$$

$$B_b = \left(\frac{N\mu I}{2R} \right) = \frac{100(4\pi \times 10^{-7})(20)}{2(20 \times 10^{-5})} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T} \quad \text{باتجاه} \odot$$

$$B_M = B_a + B_b = 2\pi \times 10^{-3} + 2\pi \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ T} \quad \text{باتجاه} \odot$$

$$2) B_M = B_a - B_b = \text{صفر (انعدام)}$$

مثال

ملفان أحدهما دائري و الاخر حلزوني

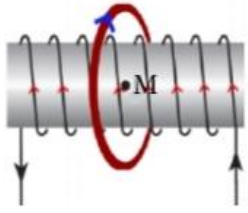
متحدان في المركز ، عدد لفات الدائري

(10) لفات و نصف قطره (10πcm)

و يحمل تياراً (4A) و عدد لفات

الحلزوني (20) لفة و طوله (5πm)

و يمر فيه تياراً (2A) أجب عما يلي :



1) احسب المجال المغناطيسي عند مركز الملفين

2) القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة سالبة مقدارها

(2 ميكروكولوم) تتحرك بسرعة (1×10⁶m/s) لحظة

مرورها عند مركز الملفين

أولاً: باتجاه الغرب ثانياً: باتجاه الشمال

الحل:

1) هناك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (M) و بالتالي:

$$B_{\text{دائري}} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{10(4\pi \times 10^{-7})(4)}{2(10\pi \times 10^{-2})} = 8 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه} -x$$

$$B_{\text{لولبي}} = \frac{N\mu I}{L} = \frac{20(4\pi \times 10^{-7})(2)}{(5\pi \times 10^{-2})} = 32 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه} -x$$

$$B_f = B_{\text{دائري}} + B_{\text{لولبي}} = 8 \times 10^{-5} + 32 \times 10^{-5}$$

$$= 40 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه} -x$$

2) أولاً :

$$F_B = qVB \sin \theta \quad \text{صفر} \quad \theta = 0$$

$$F_B = qVB \sin 90 \quad \theta = 90$$

$$= (2 \times 10^{-6})(1 \times 10^6)(40 \times 10^{-5})(1)$$

$$= 8 \times 10^{-4} \text{ نيوتن} \quad \text{باتجاه} \odot$$

تذكر .. نطبق قاعدة اليد اليمنى

مثال

سلك لا نهائي الطول يقع على يمينه ملف

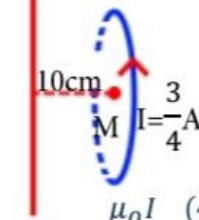
$$I = 20A$$

دائري عمودي على مستوى الصفحة.

بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل

احسب المجال المغناطيسي في مركز الملف

الدائري (M) لفات N=4 R=2πcm



$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(20)}{2\pi(10 \times 10^{-2})} = 4 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه} \otimes$$

$$B_{\text{دائري}} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{4(4\pi \times 10^{-7})(\frac{3}{4})}{2(2\pi \times 10^{-2})} = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \quad \text{باتجاه} -x$$

$$B_M = \sqrt{(B_{\text{سلك}})^2 + (B_{\text{دائري}})^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (3 \times 10^{-5})^2}$$

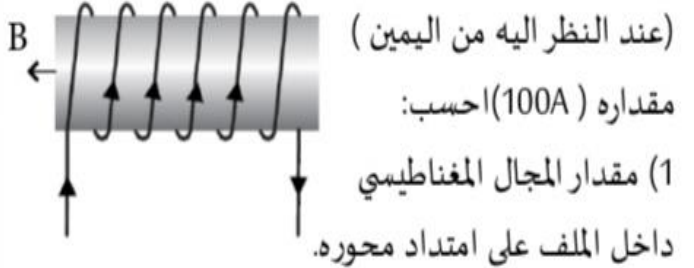
$$\tan \theta = \frac{B_{\text{سلك}}}{B_{\text{دائري}}} = \tan \theta = \left(\frac{4}{3} \right)$$

دائري B و B_M المحصورة بين θ

مثال

ملف لولبي (حلزوني) يحتوي على 100 لفة

لكل 1cm من طوله و يحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة



(2) مقدار واتجاه التيار اللازم إمراره في ملف لولبي اخر عدد

لفاته (40 لفة) لكل سم من طوله، يحيط بالأول بإحكام

لصبح المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف يساوي صفراً.

الحل:

$$1) B_{\text{لولبي}} = \frac{N\mu I}{L} = \frac{100(4\pi \times 10^{-7})(100)}{(1 \times 10^{-2})}$$

$$= 0.4\pi \text{ T} \text{ -X باتجاه}$$

(2) حتى ينعدم المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف لا بد أن يمر

في الملف اللولبي الاخر تيار كهربائي يعاكس اتجاه تيار الملف

اللولبي الأول

الأول صاعد لأعلى و الثاني هابط للأسفل و يحقق الشرط التالي

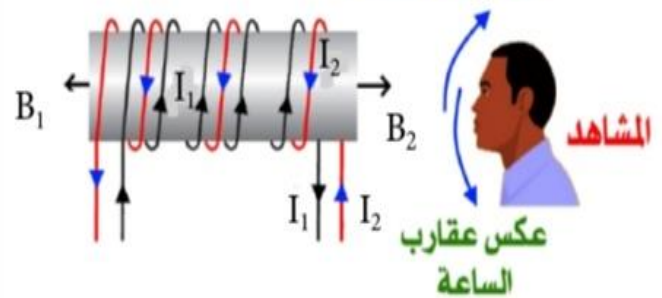
 $B_{\text{لولبي}} = B_{\text{لولبي}}$ متساويان مقداراً و متعاكسان اتجاهاً

$$0.4\pi = \frac{N_2\mu I_2}{L_2} = (4 \times 10^{-1})\pi = \frac{40(4\pi \times 10^{-7})I_2}{(1 \times 10^{-2})}$$

$$I_2 = 250 \text{ A} \text{ مقداراً}$$

اتجاه (I_2) معاكس لاتجاه (I_1)

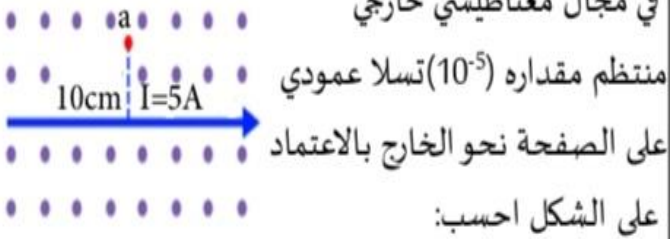
مع عقارب الساعة



مثال

في الشكل سلك يحمل تيار كهربائي غمر

في مجال مغناطيسي خارجي



(1) احسب القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال

من السلك

(2) المجال المغناطيسي عند النقطة (a)

(3) القوة المغناطيسية المؤثرة على بروتون يمر بالنقطة

(a) بسرعة (10^6 m/s) متجهها نحو الشمال.

الحل:

$$F_B = ILB \sin \theta$$

$$\frac{F_B}{L} = IB \sin 90 \quad \theta = 90$$

$$\frac{F_B}{L} = (5)(10^{-5})(1) = 5 \times 10^{-5} \text{ N/m} \text{ -y باتجاه}$$

(2) هنالك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (a) و بالتالي:

$$B_{\text{مؤثر خارجي}} = 1 \times 10^{-5} \text{ T} \text{ باتجاه}$$

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(5)}{2\pi(10 \times 10^{-2})}$$

$$= 1 \times 10^{-5} \text{ T} \text{ باتجاه}$$

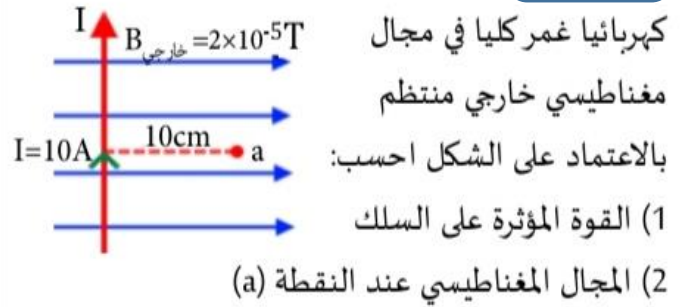
$$3) F_B = q_p V B \sin 90 \quad \theta = 90 \quad v \perp B$$

$$= (6.1 \times 10^{-19})(10^6)(2 \times 10^{-5})(1)$$

$$= 2.3 \times 10^{-18} \text{ N} \text{ +X باتجاه}$$

مثال

في الشكل سلك مستقيم يحمل تيار



كهربائيا غمر كلياً في مجال مغناطيسي خارجي منتظم

بالاعتماد على الشكل احسب:

(1) القوة المؤثرة على السلك

(2) المجال المغناطيسي عند النقطة (a)

(3) القوة المغناطيسية المؤثرة على الكترون يمر بالنقطة

(a) بسرعة $(5 \times 10^6 \text{ m/s})$ متحركاً باتجاه المجال الخارجي.

الحل:

$$\frac{F_B}{L} = IB \sin 90 \text{ (تصبح في وحدة الأطوال)}$$

$$= (10)(2 \times 10^{-5}) = 2 \times 10^{-4} \text{ N/m} \text{ باتجاه } \otimes$$

(2) هنالك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (a) و بالتالي:

$$B_{\text{مؤثر خارجي}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \text{ باتجاه } +X$$

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(10)}{2\pi(10 \times 10^{-2})} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \text{ باتجاه } \otimes$$

$$B_a = \sqrt{(B_{\text{مؤثر}})^2 + (B_{\text{سلك}})^2} = \sqrt{(2 \times 10^{-5})^2 + (2 \times 10^{-5})^2}$$

$$= \sqrt{8} \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$\theta = \tan \theta = \left(\frac{B_{\text{سلك}}}{B_{\text{مؤثر}}} \right) = \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} = 1 \quad \theta = 45$$

$$B_{\text{خارجي}} // V \leftarrow B_{\text{خارجي}} \text{ يهمل و يحسب } B_{\text{سلك}} \text{ حيث } V \text{ سلك } B$$

$$F_B = q_e V B_{\text{سلك}} \sin 90$$

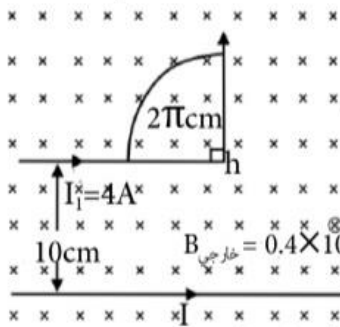
$$= (6.1 \times 10^{19})(5 \times 10^{16})(2 \times 10^{-5})(1)$$

$$= 6.1 \times 10^7 \text{ N} \text{ باتجاه } -y$$

- (1) $B_1 // V$ يهمل B_1 و نعتد فقط B_2
- (2) $B_2 // V$ يهمل B_1 و نعتد فقط B_1
- (3) $B_1 \perp B_2$ نعتد محصلتهما مباشرة

مثال

اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل



المجاور ، اذا علمت أن

المجال المغناطيسي المحصل

عند النقطة (h) يساوي

$(1 \times 10^{-5} \text{ T})$ باتجاه المحور

الزيني السالب احسب:

(1) التيار الكهربائي (I) المار في السلك المستقيم .

(2) القوة المغناطيسية مقداراً و اتجاهاً المؤثرة في شحنة

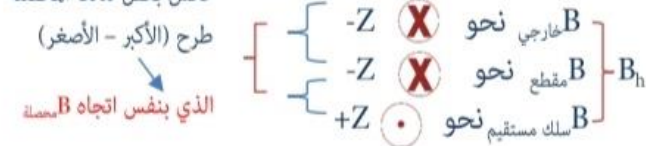
كهربائية (6) نانوكولوم في أثناء مرورها بالنقطة (h)

بسرعة (300 m/s) باتجاه المحور السيني السالب .

الحل:

(1) المقطعان المستقيمان الموصلان مع المقطع الدائري لا يولدان

مجال عند (h) لأنها تقع على امتداديهما . عكس بعض لذلك المحصلة



$$B_h = (B_{\text{خارجي}} + B_{\text{مقطع}}) - (B_{\text{سلك}})$$

$$B_h = (B_{\text{خارجي}} + \frac{N\mu I}{2R}) - (\frac{\mu I}{2\pi r})$$

$$1 \times 10^{-5} = (0.4 \times 10^{-5} + \frac{1 \cdot 4\pi \times 10^{-7} \times 4}{4 \cdot 2\pi \times 10^{-2}}) - \frac{4\pi \times 10^{-7} I}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}}$$

$$1 \times 10^{-5} = (0.4 \times 10^{-5} + 1 \times 10^{-5}) - 0.2 \times 10^{-5} I$$

$$0.2 \times 10^{-5} I = (1.4 \times 10^{-5}) - (1 \times 10^{-5})$$

$$0.2 \times 10^{-5} I = 0.4 \times 10^{-5} \rightarrow I = 2 \text{ A}$$

y + -x -z

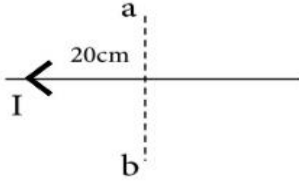
$$2) F_B = q V B \sin \theta$$

$$= 6 \times 10^{-9} \times 300 \times 1 \times 10^{-5} \times 1$$

ورقة عمل

سؤال 1

سلك لا نهائي الطول يمر فيه تيار كهربائي شدته (20) أمبير كما في الشكل أجب عما يلي :
 أولاً: جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (a)
 ثانياً: مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الكترون يتحرك بسرعة (10^5 m/s) لحظة مروره
 بالنقطة (a) في الحالات التالية :



(1) متجهها نحو الشمال (2) متجهها نحو الشرق (3) مبتعداً عن الناظر.

سؤال 2

ملف دائري مستواه منطبق على مستوى الصفحة كما في الشكل يسري فيه تيار مقداره (10) أمبير ونصف قطره ($11 \times 10^{-2} \text{ m}$) وعدد لفاته (3500) لفة احسب ما يأتي :
 أولاً: المجال المغناطيسي في مركز الملف مقداراً واتجاهاً
 ثانياً: القوة المغناطيسية التي يؤثرها المجال المغناطيسي في بروتون يتحرك
 نحو الشرق بسرعة ($5 \times 10^7 \text{ m/s}$) لحظة مروره بمركز الملف (c) مقداراً واتجاهاً .



سؤال 3

ملف دائري نص قطره 11cm وعدد لفاته (3500) لفة يسري فيه تيار (I) اذا علمت أن القوة
 المغناطيسية التي يؤثرها المجال المغناطيسي (6.1×10^{-12}) نيوتن في بروتون يتحرك بسرعة ($5 \times 10^7 \text{ m/s}$)
 لحظة مروره بمركز الملف (c) عمودياً على المجال. احسب التيار المار في الملف .

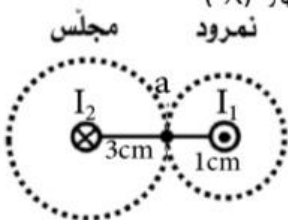
سؤال 4

ملف حلزوني عدد لفاته (70) لفة ، وطوله (22cm) يحمل تيار شدته (0.5) أمبير ، احسب:
 1. مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقاط (a, b, c) .
 2. القوة المؤثرة على إلكترون يتحرك بسرعة (10^6 m/s) لحظة مروره داخل الملف متجهاً نحو الشمال .
 3. القوة المؤثرة على نيوترون يتحرك بسرعة (10^6 m/s) لحظة مروره داخل الملف متجهاً نحو الشمال .

سؤال 5

سلكان طويلان يحملان تيارين $I_1 = 4 \text{ A}$ ، $I_2 = 2 \text{ A}$ بالاقتماد على البيانات المثبتة على الشكل :
 أولاً: احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (a) مقداراً واتجاهاً .

ثانياً: احسب القوة المؤثرة على الإلكترون يمر بالنقطة (a) بسرعة 200m/s باتجاه محور (-X)



إجابات ورقة العمل

إجابة السؤال 1

$$B_a = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(20)}{2\pi(20 \times 10^{-2})} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

أولاً: نحو \times عمودي نحو الداخل.

ثانياً:

$$1. F_B = q_e V B \sin 90 = (1.6 \times 10^{-19})(10^5)(2 \times 10^{-5})(1)$$

$$= 2.3 \times 10^{-19} \text{ نحو } (X+) \quad \text{تذكر الشحنة سالبة}$$

$$2. F_B = q_e V B \sin 90 = (1.6 \times 10^{-19})(10^5)(2 \times 10^{-5})(1)$$

$$= 2.3 \times 10^{-19} \text{ نحو } (y-) \quad \text{تذكر الشحنة سالبة}$$

$$3. F_B = q_e V B \sin 0 = 0 \quad \text{حيث } B // V \quad F_B = \text{صفر}$$

إجابة السؤال 2

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2R} = \frac{(3500)(4\pi \times 10^{-7})(10)}{2(11 \times 10^{-2})}$$

أولاً:

$$\frac{(3500)(4 \frac{22}{7} \times 10^{-7})(10)}{2(11 \times 10^{-2})} = 2 \times 10^{-1} \text{ T} \quad \times \text{ نحو}$$

$$F_B = q V_p B \sin 90$$

ثانياً:

$$= (6.1 \times 10^{-19})(5 \times 10^7)(2 \times 10^{-1})(1)$$

$$= 6.1 \times 10^{-12} \text{ نيوتن}$$

باتجاه (+y) قاعدة اليد اليمنى.

إجابة السؤال 3

$$F_B = q V B \sin \theta \quad B = \frac{\mu_0 I N}{2R} = 10 \text{ A}$$

إجابة السؤال 4

$$1. B_a = B_b = \frac{\mu_0 IN}{L} = \frac{(70)(4\pi \times 10^{-7})(5 \times 10^{-1})}{22 \times 10^{-2}} = \frac{(70)(4\frac{22}{7} \times 10^{-7})(5 \times 10^{-1})}{22 \times 10^{-2}}$$

$$= 20 \times 10^{-5} \text{ T نحو } (-X)$$

$B_c = \text{صفر (على نفس السلك)}$

$$2. F_B = q_e VB \sin 90$$

$$= (6.1 \times 10^{-19})(10^6)(20 \times 10^{-5})(1) = 2.3 \times 10^{-17} \text{ نيوتن نحو } X$$

$$3. F_B = q_n VB \sin 90 = \text{صفر (متعاذل)}$$

إجابة السؤال 5

أولاً: هناك مؤثران للمجال المغناطيسي عند النقطة (a) لذلك:

$$a \left\{ \begin{array}{l} B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_{1a}} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(4)}{2\pi(2 \times 10^{-2})} \\ \quad = 8 \times 10^{-5} \text{ T نحو } (-y) \\ B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{2a}} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2\pi(2 \times 10^{-2})} = 2 \times 10^{-5} \text{ T نحو } (-y) \end{array} \right.$$

$$B_a = B_1 + B_2 = 8 \times 10^{-5} + 2 \times 10^{-5} = 10 \times 10^{-5} \text{ T نحو } (-y)$$

$$\text{ثانياً: } F_B = q_e VB_a \sin 90 = (6.1 \times 10^{-19})(200)(10 \times 10^{-5})(1) = 2.3 \times 10^{-21} \text{ نيوتن نحو } X$$

التعامل مع الأسئلة المحصلة العكسية للمجال المغناطيسي

نبحث عن (B معلومة) من السؤال اتجاهاً

له اثنان فقط

اتجاه B معلوم **بعكس** اتجاه B محصل

اتجاه B معلوم **بنفس** اتجاه B محصل

(نضع B معلوم في النهاية دائماً) احتمال واحد

(نضع B معلوم في البداية و هنا احتمالين)

محصل B = مجهول B - معلوم B

محصل B = معلوم B ± مجهول B

محصل B > معلوم B

محصل B < معلوم B

محصل B = معلوم B - مجهول B

محصل B = معلوم B + مجهول B

مثال مباشر

$$B_2 = 4 \text{ T} - x$$

$$B_1 = 3 \text{ T} + x$$

$$F_r = 4 - 3 = 1 \text{ T} - x$$

مثال مباشر

$$B_2 = 4 \text{ T}$$

$$B_1 = 3 \text{ T}$$

$$3 - 4 = \text{محصل B}$$

$$1 \text{ T}, -x =$$

مثال مباشر

$$B_1 = 3 \text{ T}$$

$$B_2 = 4 \text{ T}$$

$$4 + 3 = \text{محصل B}$$

$$7 \text{ T}, +x =$$

مثال عكسي

$$B_1 = 3 \text{ T} + x$$

$$-x \text{ T} 1 = \text{محصل B}$$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

$$B_1 \text{ عكس } B \text{ محصل}$$

$$B_1 - B_2 = \text{محصل B}$$

$$3 - B_2 = 1$$

$$B_2 = 1 + 3 = 4 \text{ T} - x$$

بنفس اتجاه B محصل

مثال عكسي

$$B_2 = 4 \text{ T} - x$$

$$B_{\text{محصل}} = 1 \text{ T} - x$$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

$$B_{\text{محصل}} = B_2 + B_1 \quad (B_2 > B_{\text{محصل}})$$

$$B_1 - 4 = 1$$

$$B_1 = 4 - 1 = 3 \text{ T}, +x$$

بنفس اتجاه B محصل

مثال عكسي

$$B_1 = 3 \text{ T} + x$$

$$B_2 = 7 \text{ T} + x$$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

$$B_{\text{محصل}} = B_1 + B_2 \quad (B_{\text{محصل}} < B_1)$$

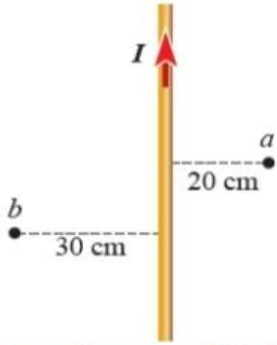
$$7 = 3 + B_2$$

$$B_2 = 7 - 3 = 4 \text{ T}, +x$$

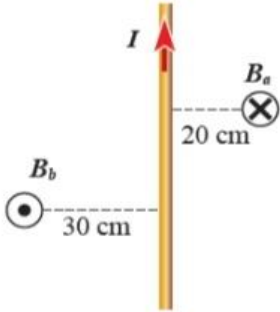
بنفس اتجاه B محصل

أمثلة متنوعة

مثال



الشكل (21): جزء من سلك مستقيم لا نهائي الطول يحمل تيارًا كهربائيًا.



سلك مستقيم لا نهائي الطول يحمل تيارًا كهربائيًا مقداره (3 A)، معتمدًا على الشكل (21)؛ أجد:

أ) مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (a)، وأحد اتجاهه.
ب) مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (b)، وأحد اتجاهه.

المعطيات: $I = 3 \text{ A}$, $r_a = 0.2 \text{ m}$, $r_b = 0.3 \text{ m}$

المطلوب: $B_a = ?$, $B_b = ?$

أ) مقدار المجال عند النقطة (a).

$$B_a = \frac{\mu_o I}{2\pi r_a} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi \times 0.2} = 3 \times 10^{-6} \text{ T}$$

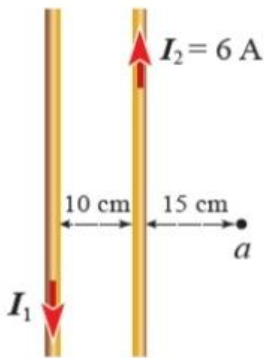
وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ أجد أن اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (a) يكون داخلًا في الصفحة وعموديًا عليها. كما في الشكل (22).

ب) مقدار المجال عند النقطة (b)

$$B_b = \frac{\mu_o I}{2\pi r_b} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi \times 0.3} = 2 \times 10^{-6} \text{ T}$$

وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (b) يكون خارجًا من الصفحة وعموديًا عليها، كما يبين الشكل (22).

مثال



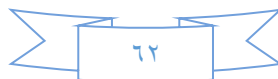
سلكان مستقيمان لا نهائيًا الطول ومتوازيان، يحملان تيارين كهربائيين متعاكسين كما في الشكل (23). أجد مقدار التيار (I_1) الذي يجعل المجال المغناطيسي المُحصّل عند النقطة (a) يساوي صفرًا.

$$B_2 = \frac{\mu_o I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.15} = 8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

اتجاه المجال (B_2) عند النقطة (a) داخل في الصفحة وعموديًا عليها، واتجاه (B_1) خارج من الصفحة وعموديًا عليها؛ فهما متعاكسان ومُحصّلتها تساوي صفرًا، أي أنّهما متساويان مقدارًا:

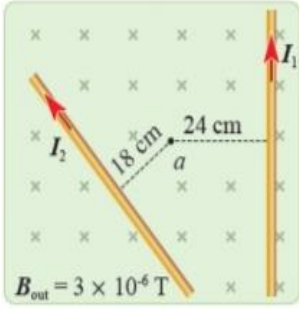
$$B_1 = \frac{\mu_o I_1}{2\pi r_1} = B_2 = 8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$I_1 = \frac{2\pi \times 0.25 \times 8 \times 10^{-6}}{4\pi \times 10^{-7}} = 10 \text{ A}$$



مثال

معتدماً على الشكل ، إذا كان ($I_1 = I_2 = 6 \text{ A}$) ؛ أجد مقدار المجال المغناطيسي المُحصَل عند النقطة (a) ، وأحدّد اتجاهه.



تؤثر عند النقطة (a) ثلاثة مجالات، من الموصل الأول ومن الموصل الثاني، والمجال الخارجي.

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.24} = 5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.18} = 6.7 \times 10^{-6} \text{ T}$$

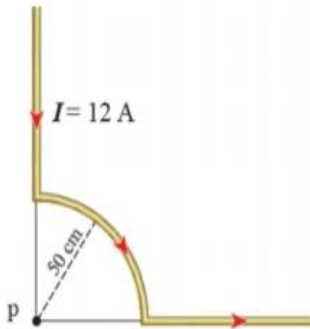
$$B_3 = 3 \times 10^{-6} \text{ T}$$

حيث أن المجال (B_1) خارجاً من الصفحة باتجاه (+z)، والمجال (B_2) داخلياً في الصفحة باتجاه (-z)، المجال (B_3) داخلياً في الصفحة باتجاه (-z)، فإن المحصلة:

$$B = B_1 - B_2 - B_3 = 5 \times 10^{-6} - 6.7 \times 10^{-6} - 3 \times 10^{-6} = -4.7 \times 10^{-6} \text{ T}$$

اتجاه المجال المحصل عند هذه النقطة باتجاه (-z) أي داخلياً في الصفحة.

مثال



يتكوّن سلكٌ من جزءٍ يشكّل ربع دائرة نصف قطرها $R = 0.5 \text{ m}$ ، وجزأين مستقيمين لا نهائيّ الطول، كما في الشكل (26). أحسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (P) وأحدّد اتجاهه.

المُعطيات: $I = 12 \text{ A}$ ، $R = 0.5 \text{ m}$ ، $N = 0.25$

المطلوب: $B = ?$

بالنسبة للجزء الذي يشكّل ربع دائرة؛ يمكنني افتراض أن

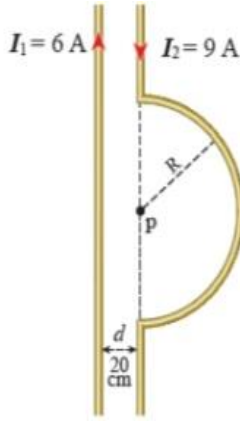
عدد اللفات: $N = 0.25$

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 0.25}{2 \times 0.5}$$

$$B = 3.8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

بالنسبة للجزأين المستقيمين؛ فإن النقطة (P) تقع على امتدادهما، لذلك يكون المجال المغناطيسي الناتج عنهما يساوي صفرًا. ألاحظ أن قياس الزاوية (θ) يساوي صفرًا بالنسبة للجزء العلوي، ويساوي (180°) بالنسبة للجزء الأيمن. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه المجال نحو (-z).

مثال



سلكان مستقيمان لا نهائيًا الطول؛ يحتوي أحدهما على نصف حلقة مركزها (P)، ونصف قطرها $(0.2 \pi \text{ m})$ ، كما في الشكل (27). أجد المجال المغناطيسي المُحصّل عند النقطة (P) وأحدّد اتجاهه.

المُعطيات: $N = 0.5, r = 0.2 \text{ m}, I_1 = 6 \text{ A}, I_2 = 9 \text{ A}, R = 0.2 \pi \text{ m}$

المطلوب: $B = ?$

المجال الناتج عن السلك المستقيم لا نهائي الطول:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.2} = 6 \times 10^{-6} \text{ T}$$

المجال الناتج عن الملف الدائري:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2 N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 9 \times 0.5}{2 \times 0.2\pi} = 4.5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

باستخدام قاعدة اليد اليمنى، أجد أنّ اتجاه المجالين نحو داخل الصفحة وعموديٌّ عليها، ومقداره:

$$B = B_1 + B_2 = 10.5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

مثال

ملفٌ لولبيٌّ طوله (0.5 m) يحتوي على (500) لفّة؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسيّ داخله

إذا كان يحمل تيارًا كهربائيًا (11 A) .

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 11 \times 500}{0.5}$$

$$B = 1.38 \times 10^{-2} \text{ T}$$

مثال

معتمدًا على العلاقة الرياضية الخاصة بالمجال المغناطيسيّ داخل ملف لولبي يسري فيه تيار كهربائي؛ أبين أنّ كلَّ ممّا يأتي في مقدار المجال المغناطيسيّ داخله: مضاعفة عدد اللّفات فقط. / مضاعفة طول الملف فقط. / مضاعفة عدد اللّفات وطول الملف معًا.

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l}$$

فإنّ مضاعفة عدد اللّفات (N) يضاعف المجال المغناطيسي، ومضاعفة طول الملف (l) يقلل المجال المغناطيسي إلى النصف، مضاعفة عدد اللّفات وطول الملف معًا يبقى المجال المغناطيسي ثابتًا.

مثال

ملفٌ لولبيٌّ يتكوّن من عدد لفّاتٍ بمعدّل (1400) في كلّ مترٍ من طوله. إذا نشأ داخله مجالٌ مغناطيسيٌّ مقداره ($1.4 \times 10^{-2} \text{ T}$)؛ فما مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيه؟

$$B = \mu_0 In$$

$$I = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{1.4 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1400} = 7.96 \text{ A}$$

مثال

أحسب عدد اللّفات في ملفّ لولبيّ طوله ($3\pi \text{ cm}$) يولّد بداخله مجالاً مغناطيسيّاً مقداره ($2 \times 10^{-3} \text{ T}$) عند مرور تيارٍ (1.5 A) فيه.

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l}$$

$$N = \frac{Bl}{\mu_0 I} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 3\pi \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5} = 100$$

الربط مع التكنولوجيا

يُستخدَم المجال المغناطيسيُّ في احتواء وُقود الاندماج النوويِّ بعد تحويله إلى مادّة مُنأينة عالية الكثافة (بلازما)، كما يبيّن الرسم التوضيحيُّ؛ حيث لا يُمكن لأيّ جسم ماديٍّ احتواء هذا الوُقود بسبب الضغط العالي ودرجة الحرارة المرتفعة جدًّا (تقاربُ مليون درجة سلسيوس)؛ اللازم لبدء تفاعل الاندماج النوويِّ.



القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

Magnetic Force Between Two Parallel Conductors

درست سابقاً أن الموصل الذي يحمل تياراً كهربائياً يولد حوله مجالاً مغناطيسياً، ودرست أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة في موصل موضوع فيه ويحمل تياراً كهربائياً. أستنتج من ذلك أن قوة مغناطيسية تنشأ بين موصلين متجاورين لا نهائيي الطول يحملان تيارين كهربائيين.

ينشأ مجالاً مغناطيسياً (B_1) حول الموصل الأيمن الذي يسري فيه تيار (I_1)، في الشكل (29/أ)، يُعطى مقداره على مسافة (r) بالعلاقة:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

وحيث أن الموصل الأيسر يقع في هذا المجال ويتعامد معه، ويمر فيه تيار كهربائي (I_2)؛ فإن جزءاً منه طوله (L) يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها:

$$F_{12} = B_1 I_2 L$$

بتعويض قيمة (B_1)؛ أحصل على القوة لكل وحدة أطوال:

$$F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F_{12}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيسر؛ حيث اتجاه (B_1) عنده يكون نحو ($+z$)؛ أجد أن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة فيه يكون نحو اليمين ($+x$). في الشكل (29/ب)؛ ينشأ مجالاً مغناطيسياً (B_2) حول الموصل الأيسر الذي يسري فيه تيار (I_2)، يُعطى مقداره على بُعد (r) بالعلاقة:

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

ونتيجة لوجود الموصل الأيمن الذي يحمل تياراً كهربائياً (I_1) في هذا المجال وتعامده معه؛ فإن جزءاً منه طوله (L) يتأثر بقوة مغناطيسية تُعطى بالعلاقة الآتية:

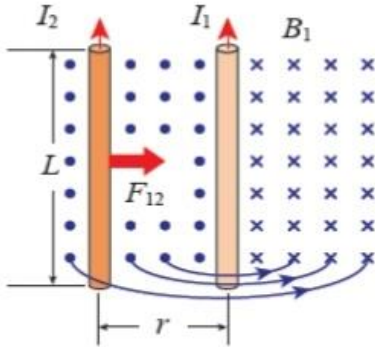
$$F_{21} = B_2 I_1 L$$

بتعويض قيمة (B_2)؛ أحصل على القوة لكل وحدة أطوال:

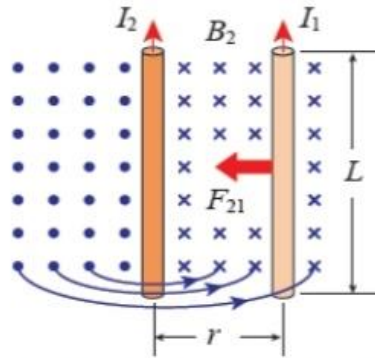
$$F_{21} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F_{21}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيمن؛ حيث يكون (B_2) عنده باتجاه ($-z$)؛ أجد أن اتجاه القوة المؤثرة فيه يكون نحو اليسار ($-x$).

أي أن القوتين المتبادلتين بين موصلين يحملان تيارين كهربائيين بالاتجاه نفسه تكون قوة تجاذب. أستنتج مما سبق أن القوتين بين الموصلين متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهًا. وحسب القانون الثالث لنيوتن فإنهما تشكلان زوجي فعل ورد فعل. كما يبين الشكل (30) الذي يمثل مقطعاً عرضياً في كلا السلكين. ويتناسب مقدار القوتين طردياً مع كل من التيارين والطول المشترك للسلكين، وعكسياً مع البعد بينهما (r).

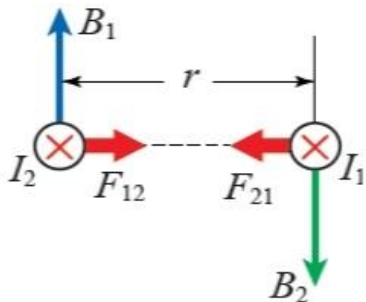


(أ): المجال المغناطيسي (B_1) الناشئ عن (I_1) في الموصل الأيمن لانتهائبي الطول.



(ب): المجال المغناطيسي (B_2) الناشئ عن (I_2) في الموصل الأيسر لانتهائبي الطول.

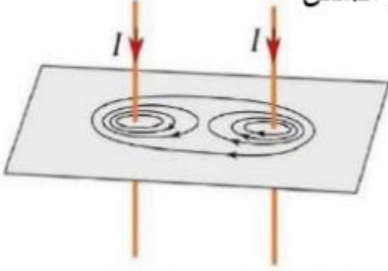
الشكل (29): موصلان مستقيمان متوازيان لانتهائبي الطول، يحمل كل منهما تياراً كهربائياً.



الشكل (30): مقطع عرضي في السلكين يبين اتجاه قوة التجاذب المغناطيسية بينهما.

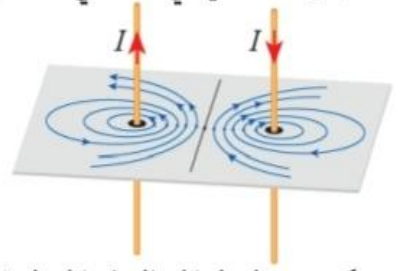
القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين و خطوط المجال المغناطيسي:

ثانياً: موصلين متوازيين يحمل كل منهما تيارين كهربائيين متساويين المقدار و بنفس الاتجاه
إذا وضعتُ موصلين متوازيين يحمل كلُّ منهما تياراً كهربائياً (I) بنفس الاتجاه، ورسمت خطوط المجال المغناطيسي، كما في الشكل



تكون خطوط المجال في المنطقة بين الموصلين متباعدة، بينما تكون متقاربة في المناطق الخارجية؛ أستنتجُ من الشكل أن اتجاه القوة المغناطيسية يؤثر في كلِّ من الموصلين لنقله من منطقة المجال المغناطيسي القوي إلى منطقة المجال المغناطيسي الضعيف؛ أي أن الموصلين يتقاربان، وهذا يتفقُ مع قاعدة اليد اليمنى.

أولاً: موصلين متوازيين يحمل كل منهما تيارين كهربائيين متساويين المقدار باتجاهين متعاكسين
إذا وضعتُ موصلين متوازيين يحمل كلُّ منهما تياراً كهربائياً (I) باتجاهين متعاكسين، ورسمت خطوط المجال المغناطيسي، كما في الشكل



تكون خطوط المجال في المنطقة بين الموصلين متقاربة، بينما تكون متباعدة في المناطق الخارجية؛ أستنتجُ من الشكل أن اتجاه القوة المغناطيسية يؤثر في كلِّ من الموصلين لنقله من منطقة المجال المغناطيسي القوي إلى منطقة المجال المغناطيسي الضعيف؛ أي أن الموصلين يتباعدان، وهذا يتفقُ مع قاعدة اليد اليمنى.

منشأ المجال المغناطيسي :

لاحظتُ في ما سبق أن المجالات المغناطيسية جميعها ناتجة عن حركة الشحنات الكهربائية، لكن: كيف يحدث ذلك في حالة المغناطيس الدائم؟
في المغناطيس الدائم توجد شحنات متحركة أيضاً، وهي الإلكترونات التي تدور حول نواة الذرة. ويمكن تصوُّر حركة الإلكترون حول نواة الذرة بأنها تشكّل حلقةً صغيرةً جداً يسري فيها تيارٌ كهربائيٌّ وينتج عنها مجالٌ مغناطيسيٌّ. في بعض المواد تكون المجالات المغناطيسية في اتجاهاتٍ مختلفةٍ وبشكلي عشوائيٍّ؛ بحيث تكون مُحصَّلة المجال المغناطيسي صفراً. أما في المواد المغناطيسية الدائمة؛ فإن المجالات المغناطيسية الناشئة عن الإلكترونات المتحركة تؤدي إلى حقولٍ (مناطق) مغناطيسيةٍ Magnetic domains ينتجُ عنها مجالٌ مغناطيسيٌّ مُحصَّلٌ لا يساوي صفراً؛ ولذلك ينشأ مجالٌ مغناطيسيٌّ للمغناطيس الدائم.

أمثلة متنوعة على القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

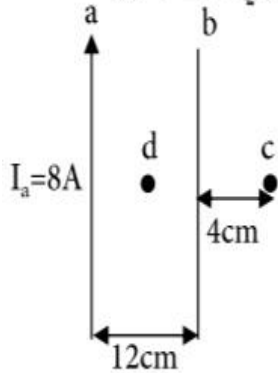
مثال

سلكان (b,a) متوازيان و طولان جداً البعد بينهما (20cm) و يحملان تيارين (20A) و (40A) لهما نفس الاتجاه احسب القوة المغناطيسية متبادلة بين السلكين و المؤثرة على وحدة الأطوال من السلكين .

$$F = \frac{\mu I_a I_b L}{2\pi r} \quad \frac{F}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} (20)(40)}{2\pi (20 \times 10^{-2})} = 8 \times 10^{-4} \text{ N/m (تجاذب)}$$

مثال

يبين الشكل (b,a) موصلين مستقيمين متوازيين لانتهائين في الطول و موضوعين في الهواء بالاعتماد على المعلومات المثبتة عليه ، و اذا علمت ان المجال المغناطيسي الناتج عن التيار في النقطة (c)



التي تقع في مستوى الموصلين يساوي صفراً احسب ما يأتي :

(1) مقدار و اتجاه التيار الكهربائي المار في الموصل (b)

(2) مقدار القوة المغناطيسية المتبادلة بينهما.

(3) القوة المغناطيسية المؤثرة في الكتروليت يتحرك بسرعة (3×10⁵m/s)

لحظة مرور النقطة (d) و التي تنصف المسافة بين السلكين متجهاً نحو الشمال .

$$B_a = \frac{\mu I_a}{2\pi r_{ad}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} (8)}{2\pi (6 \times 10^{-2})}$$

$$= \frac{8}{3} \times 10^{-5} \text{ T , } \otimes$$

$$B_b = \frac{\mu I_b}{2\pi r_{bd}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} (2)}{2\pi (6 \times 10^{-2})}$$

$$= \frac{2}{3} \times 10^{-5} \text{ T , } \otimes$$

$$B_d = B_a + B_b = \frac{8}{3} \times 10^{-5} + \frac{2}{3} \times 10^{-5}$$

$$= \frac{10}{3} \times 10^{-5}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu I_a I_b}{2\pi r}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} (8)(2)}{2\pi (12 \times 10^{-2})}$$

$$= \frac{8}{3} \times 10^{-5} \text{ N/m}$$

(قوة تنافر)
سنعود

$$F_B = q_e v B \sin \theta$$

$$F_B = (1.6 \times 10^{-19})(3 \times 10^5) \left(\frac{10}{3} \times 10^{-5}\right)$$

$$= 1.6 \times 10^{-18} \text{ N (+x)}$$

الحل:

(1) النقطة (c) نقطة انعدام المجال (التعادل) و هذا يتحقق عندما :

$$B_a = B_b$$

$$\frac{\mu I_a}{2\pi r_a} = \frac{\mu I_b}{2\pi r_b}$$

$$\frac{8}{16 \times 10^{-2}} = \frac{I_b}{4 \times 10^{-2}} \quad I_b = 2A$$

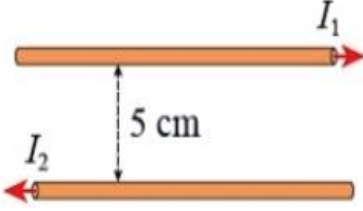
بعكس اتجاه I_a لان النقطة خارجهم

مثال

سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول ومتوازيان تفصلهما مسافة (5 cm) يحمل السلك

العلوي تيارًا كهربائيًا (8 A) والسفلي (2 A)، كما في الشكل أحسب مقدار القوة المغناطيسية المتبادلة

بين وحدة الأطوال من السلكين، وأحدد نوعها.



المعطيات: $l = 1\text{ m}$, $I_1 = 8.0\text{ A}$, $I_2 = 2.0\text{ A}$, $r = 0.05\text{ m}$

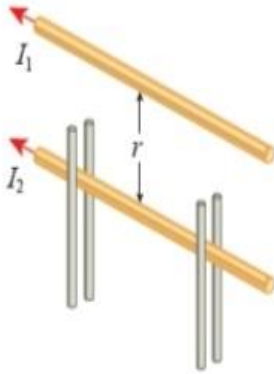
المطلوب: $F = ?$

سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول
ومتوازيان، يحمل كل منهما تيارًا كهربائيًا.

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 2}{2\pi \times 0.05}$$

$$= 6.4 \times 10^{-5} \text{ N/m}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ أجد أن القوة بين السلكين هي تنافر.



مثال

موصِلان متوازيان لا نهائيا الطول يحمل كلٌّ

منهما تيارًا كهربائيًا (200 A)؛ الموصِل العلوي مُثَبَّت، والسفلي قابلٌ

للحركة رأسيًا، كما في الشكل . إذا علمتُ أن كتلة وحدة الأطوال من الموصِل

السفلي (0.2 g/cm)؛ أجد المسافة (r) التي تجعله مُتَرَنًا .

الحل:

$$\frac{m}{l} = \frac{0.2\text{ g}}{\text{cm}} = \frac{0.2 \times 10^{-3}\text{ kg}}{1 \times 10^{-2}\text{ m}} = 0.2 \times 10^{-1} \text{ kg/m}$$

$$\frac{F_g}{L} = \frac{mg}{L} = 0.2 \times 10^{-1} \times 10 = 0.2 \text{ N/m}$$

متزن يعني

$$F = F_g \rightarrow \text{المؤثرة في وحدة الأطوال} \quad F_g = 0.2 \text{ N/m} \text{ عندما } L=1\text{m}$$

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

$$r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times 200 \times 1}{2\pi \times 0.2} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

أسئلة مراجعة الدرس الثاني

السؤال 1

أذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن مقطع صغير من موصلٍ يحمل تيارًا كهربائيًا، عند نقطة بالقرب من هذا الموصل.

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IdL \sin \theta}{d^2}$$

يعتمد مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من موصل يحمل تيارًا كهربائيًا على: النفاذية المغناطيسية للوسط، مقدار التيار، طول المقطع المؤثر من الموصل، جيب الزاوية بين متجه طول المقطع ومتجه بعد النقطة، مربع المسافة بين النقطة والمقطع.

السؤال 2

يتحرك إلكترون في الفضاء في خط مستقيم؛ ما المجالات الناشئة عنه؟
ينشأ في الحيز المحيط بالإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي.

السؤال 3

موصلان مستقيمان متوازيان لانهايتيا الطول؛ المسافة بينهما (30cm)، يحمل أحدهما تيارًا كهربائيًا يساوي ثلاثة أمثال التيار الذي يحمله الموصل الثاني. أوجد نقطة على الخط العمودي الواصل بينهما؛ ينعقد عندها المجال المغناطيسي عندما يكون التياران بالاتجاه نفسه.
عندما ينعقد المجال المحصل بين السلكين، يكون المجالان متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{3\mu_0 I_1}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{1}{r_1} = \frac{3}{r_2}$$

$$r_2 = 3r_1, \quad r_2 + r_1 = 30 \text{ cm}$$

$$r_1 = 7.5 \text{ cm}, \quad r_2 = 22.5 \text{ cm}$$

السؤال 4

أبين العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري والعوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي داخل ملف لولبي.

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R}, \quad B = \frac{\mu_0 IN}{l}$$

اعتمادًا على العلاقتين الخاصتين بالملف الدائري والملف اللولبي، فإن العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، نصف قطر الملف. والعوامل في الملف اللولبي، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، طول الملف.

السؤال 5

ملف دائري من سلك نحاسي عدد لقاته (100)، نصف قطر كل منها (80 cm)، ويحمل تيارًا كهربائيًا (0.4 A) أحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف.

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.4 \times 100}{2 \times 0.08} = 3.14 \times 10^{-4} \text{ T}$$

السؤال 6

موصل مستقيم لا نهائي الطول موضوع على سطح أفقي يحمل تيارًا كهربائيًا (50 A) يتجه من الشمال إلى الجنوب؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على السطح تبعد (2.5 m) إلى الشرق من السلك، وأحدد اتجاهه.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 2.5} = 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$

الإثراء والتوسع

التصويرُ باستخدام تقنية الرنين
المغناطيسي (MRI)

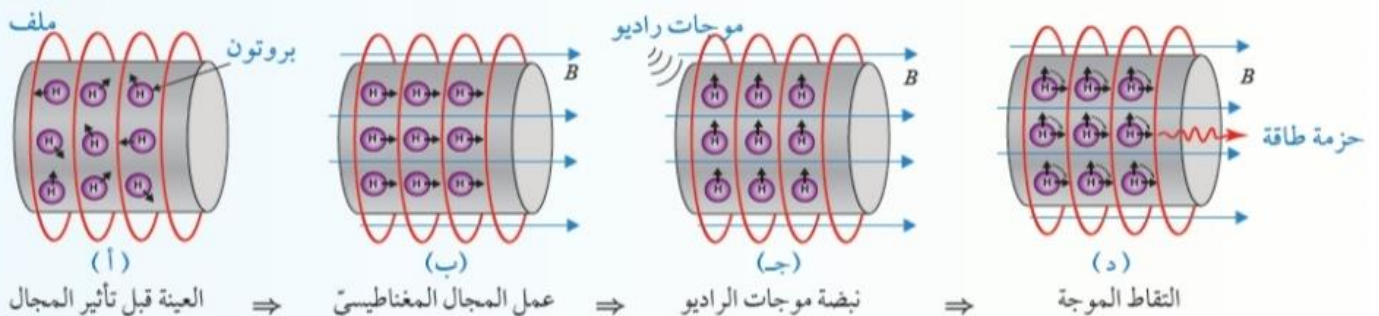
يُعدُّ الأردن من أكثر الدول اهتمامًا بالصحة؛ لما لديه من كوادر بشرية مؤهلة، تمتلك القدرات والخبرات المتميزة، ومرافق صحية شاملة حديثة، ومعدات طبية؛ إذ تسعى المستشفيات في الأردن دائمًا إلى الحصول على أحدث التكنولوجيا الطبية، ومنها أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي. التصوير بالرنين المغناطيسي (Magnetic resonance imaging (MRI) تقنية غير جراحية تنتج صورًا تشريحية واضحة ثلاثية الأبعاد لجسم الإنسان، تساعد في الكشف عن الأمراض وتشخيصها. يتكوّن جهاز الرنين المغناطيسي من ثلاثة أجزاء رئيسية هي؛ ملفات مغناطيسية، ومصدر موجات راديو، وجهاز حاسوب.

تحتوي خلايا جسم الإنسان على نسبة كبيرة من الماء الذي يتكوّن من الأكسجين والهيدروجين، ولكل ذرة هيدروجين عزمٌ ثنائي مغناطيسي. وفي غياب مجال مغناطيسي خارجي تكون اتجاهات العزوم المغناطيسية في الجسم موزعة في الاتجاهات كافة بشكل عشوائي، كما في الشكل (أ).

خطوات عمل الجهاز:

- تولّد الملفات مجالاً مغناطيسياً خارجياً يخترق الجسم، مؤدياً إلى اصطفاف العزوم المغناطيسية لذرات الهيدروجين في اتجاه المجال المغناطيسي نفسه، وتصبح في وضع اتزان، الشكل (ب).
- يُطلق مصدر موجات الراديو نبضةً من الموجات تخترق الجسم؛ فتؤدي إلى انحراف العزوم المغناطيسية لذرات الهيدروجين بزواوية (90°) عن اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، الشكل (ج).
- عند توقّف نبضة موجات الراديو تبدأ العزوم بالعودة للاصطفاف باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، وينتج عن ذلك انبعاث حزمة من الموجات الكهرمغناطيسية تلتقطها مستشعرات التصوير وتحوّلها عن طريق برمجيات محوسبة إلى صور تشريحية، الشكل (د).

تختلف العزوم المغناطيسية في زمن عودتها إلى حالة الاتزان (الاصطفاف باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي)، وفي مقدار طاقة الموجات الكهرمغناطيسية التي تبعثها؛ وذلك حسب تركيب النسيج والطبيعة الكيميائية للجزيئات فيه، وبذلك يتمكن الأطباء من التفريق بين الأنسجة المختلفة (السليمة والمصابة بمرض معين مثلاً) بناءً على هذه الخصائص المغناطيسية.



أسئلة مراجعة الوحدة

أسئلة مراجعة الوحدة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

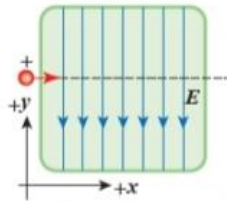
1. من العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر في جسيم مشحون متحرك؛ مقدار الشحنة وسرعة الجسيم، حيث تزداد القوة:

- أ. بزيادة السرعة ونقص الشحنة.
ب. بزيادة السرعة وزيادة الشحنة.
ج. بنقص السرعة وزيادة الشحنة.
د. بنقص السرعة ونقص الشحنة.

2. عند تمثيل المجال المغناطيسي المنتظم بخطوط مجال؛ فإنها تتصف بوحدة مما يأتي:

- أ. خطوط متوازية والمسافات بينها متساوية.
ب. خطوط متوازية والمسافات بينها غير متساوية.
ج. خطوط منحنية تشكل حلقات مغلقة.
د. خطوط منحنية تشكل حلقات غير مغلقة.

3. يتحرك أيون موجب باتجاه محور $(+x)$ ، داخل غرفة مفرغة فيها مجال كهربائي باتجاه $(-y)$ ، كما في الشكل. في أي اتجاه يجب توليد مجال مغناطيسي بحيث يمكن أن يؤثر في الجسيم بقوة تجعله لا ينحرف عن مساره؟



- أ. باتجاه محور $(+y)$ ، للأعلى.
ب. باتجاه محور $(-y)$ ، للأسفل.
ج. باتجاه محور $(+z)$ ، نحو الناظر.
د. باتجاه محور $(-z)$ ، بعيداً عن الناظر.

4. يُستخدم المجال المغناطيسي لحساب الشحنة النوعية للجسيمات، ماذا يُقصد بالشحنة النوعية؟

- أ. نسبة كتلة الجسيم إلى مربع شحنته.
ب. نسبة شحنة الجسيم إلى مربع كتلته.
ج. نسبة كتلة الجسيم إلى شحنته.
د. نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته.

5. عندما يتحرك جسيم مشحون حركة دائرية في مجال مغناطيسي منتظم؛ متى يزداد نصف قطر المسار الدائري للجسيم؟

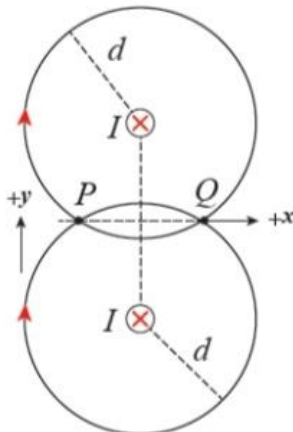
- أ. بزيادة المجال وزيادة الشحنة.
ب. بزيادة الكتلة ونقص المجال.
ج. بنقص الكتلة ونقص السرعة.
د. بنقص الكتلة وزيادة المجال.

6. سلكان مستقيمان متوازيان لانهايتاً الطول؛ يحملان تيارين

متساويين وباتجاه $(-z)$ داخل الصفحة؛ النقطتان (P, Q) تبعدان عن السلكين مسافات متساوية، كما في الشكل. كيف يكون

اتجاه المجال المغناطيسي المحصل عند النقطتين (P, Q) ؟

- أ. عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(+y)$.
ب. عند (P) باتجاه $(-x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.
ج. عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-x)$.
د. عند (P) باتجاه $(+y)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.



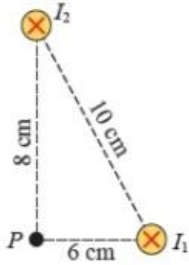
إجابات
السؤال
الأول

اختيار متعدد ، سيتم وضع رمز الاجابة الصحيحة لكل فقة في جدول ثم توضيح كل فقرة :

رقم الفقرة	1	2	3	4	5	6
رمز الاجابة الصحيحة	ب	أ	د	د	ب	د

2. أفسر: مجال مغناطيسي منتظم باتجاه $(+x)$ ، دخل جسيمان مشحونان منطقة المجال بسرعة (v) باتجاه داخل الصفحة $(-z)$ ؛ فانحرف أحدهما باتجاه محور $(+y)$ ، والثاني باتجاه محور $(-y)$. أفسر انحرافهما.

عندما يدخل الجسيم المشحون مجالاً مغناطيسياً بسرعة لا ينطبق اتجاهها على اتجاه المجال، فإنه يتأثر $(-y)$ بقوة مغناطيسية فينحرف مساره، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن الجسيم الذي انحرف باتجاه فإن شحنته سالبة $(+y)$. كانت شحنته موجبة، أما الذي انحرف باتجاه



3. أحسب: موصلان مستقيمان متوازيان؛ يحمل كل منهما تياراً كهربائياً باتجاه داخل الصفحة،

كما في الشكل. إذا كان تيار الأول $(12 A)$ ، وتيار الثاني $(40 A)$. أحسب كلاً من:

أ. القوة التي يؤثر بها الموصل الثاني في وحدة الأطوال من الموصل الأول مقداراً واتجاهاً.

ب. المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P) مقداراً واتجاهاً.

أ) القوة المؤثرة في وحدة الأطوال، وهي تجاذب، أي باتجاه السلك الثاني.

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 40 \times 1}{2\pi \times 0.1} = 9.6 \times 10^{-4} \text{ N}$$

ب) المجال المحصل:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 0.06} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 0.08} = 10 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (10 \times 10^{-5})^2}$$

$$B = 10.8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

B_1 باتجاه محور $(+y)$ ، B_2 باتجاه محور $(-x)$ ، المجال المحصل B يصنع زاوية ϕ مع

محور $(-x)$ ، حيث:

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{4}{10} \right) = 0.4 \rightarrow \phi = 22^\circ$$

4. **أحسب:** خطُّ علويّ أفقيّ ناقلٌ للكهرباء يرتفع عن سطح الأرض (10 m)، ويحمل تيارًا كهربائيًا (90 A) باتجاه الشرق. أحسب مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن الخط الناقل وأحدد اتجاهه في نقطتين تحت الخط الناقل: أ. النقطة الأولى على بعد (1.5 m) منه. ب. النقطة الثانية على سطح الأرض. أ) المجال تحت الخط بمسافة (1.5 m)، ويكون اتجاهه نحو الشمال:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 1.5} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

ب) المجال على سطح الأرض ويكون باتجاه الشمال أيضًا:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 10} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

5. **أحسب:** ملفٌ لولبيّ طولُه (0.6 m)، يحتوي على (400) لفّة متراصّة جيدًا. إذا مرّ فيه تيارٌ كهربائيّ (8 A)، أجد مقدار المجال المغناطيسيّ داخل الملف عند نقطة تقع على محوره.

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 400}{0.6} = 6.7 \times 10^{-3} \text{ T}$$

6. **تفكيرٌ ناقداً:** أيون موجب شحنته (+e) يكمل 5 دورات في مجال مغناطيسيّ مُنتظم (5.0 × 10⁻² T) خلال مُدّة زمنيّة (1.5 ms). أحسب كتلة الأيون بوحدة (kg).

لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

$$v = \frac{n \times 2\pi r}{t} = \frac{5 \times 2\pi r}{1.5 \times 10^{-3}} = 20944 r \text{ m/s}$$

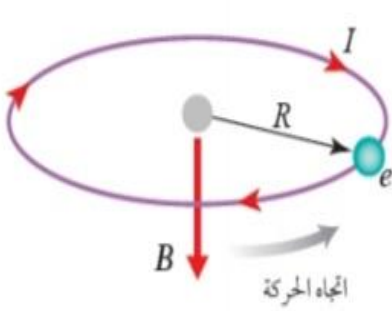
$$F_B = F_C \rightarrow qvB \sin\theta = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r}$$

$$qB = \frac{m(20944)r}{r} = m(20944)$$

$$m = \frac{qB}{20944} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-2}}{20944} = 3.8 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

7. **أقارن:** كيف أستخدم جُسيمًا مشحونًا لتمييز منطقة مُحدّدة؛ إن كانت منطقة مجال مغناطيسيّ أم مجال كهربائيّ؟ أوضّح إجابتي بمثال.

أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائيًا. لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر في الجسيمات المشحونة الساكنة. مثال ذلك، أنبوب الأشعة المهبطية تتسارع فيه الإلكترونات الساكنة في المهبط عند تطبيق مجال كهربائي بين القطبين.

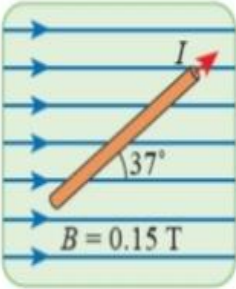


8. **تفكير ناقد:** افترض أن إلكترون ذرة الهيدروجين يدور حول النواة (البروتون) في مسار دائري نصف قطره $(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})$ تحت تأثير القوة الكهربائية بينهما. تُشكّل حركة الإلكترون تيارًا كهربائيًا (اصطلاحيًا) في حلقة دائرية بعكس اتجاه حركته، كما في الشكل. أحسب مقدار المجال المغناطيسي (B) الناتج عن هذه الحركة؛ علمًا أن الزمن الدوري لحركة الإلكترون $(1.46 \times 10^{-16} \text{ s})$.

التيار يساوي كمية الشحنة التي تعبر نقطة محددة في مدار الإلكترون مقسومة على المدة الزمنية:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.46 \times 10^{-16}} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1 \times 10^{-3} \times 1}{2 \times 5.3 \times 10^{-11}} = 13 \text{ T}$$



9. موصل مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًا (8 A) داخل مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل المجاور. أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في وحدة الأطوال من الموصل، وأحدّد اتجاهها.

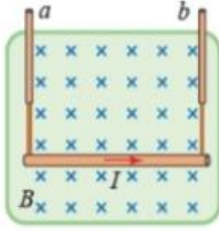
القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك:

$$F_B = IBL \sin \theta = 8 \times 0.15 \times 1 \times \sin 37 = 1.2 \times 0.6 = 0.72 \text{ N}$$

10. ملف دائري نصف قطره (6 cm) ؛ يتكوّن من (20) لفّة ويحمل تيارًا كهربائيًا (12 A) . معلق رأسيًا في مجال مغناطيسي أفقي منتظم، مقداره (0.4 T) تصنع خطوطه زاوية (30°) مع العمودي على مستوى الملف. أجد مقدار عزم الازدواج الذي يؤثر به المجال المغناطيسي المنتظم في الملف.
عزم الازدواج المؤثر في الملف:

$$\tau = NIAB \sin \theta = NI (\pi r^2) B \sin 30$$

$$\tau = 20 \times 12 \times 3.14 \times 0.0036 \times 0.4 \times 0.5 = 0.54 \text{ N.m}$$



11. موصل للكهرباء مستقيم الشكل طوله (0.45 m) وكتلته (60 g)، في وضع أفقي مُعلّقٍ بواسطة سلكين رأسيين (a,b) ينقلان له تيارًا كهربائيًا مقداره (5 A). حيث $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$.
 أ) المجال المغناطيسي الذي يجعل الشد صفرًا:

$$T = F_B - F_W = 0$$

$$F_W = F_B \rightarrow mg = IBL \rightarrow 0.06 \times 9.8 = 5 \times 0.45 B$$

$$B = 0.26 \text{ T}$$

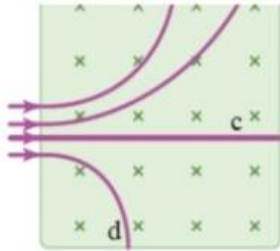
ب) مجموع الشد عندما ينعكس اتجاه المجال:

$$T = F_W + F_B = 2F_W = 2 \times 0.06 \times 9.8 = 1.18 \text{ N}$$



12. يصل سلكان نحاسيان في السيارة بين البطارية وبداي الحركة (السلف)، عند التشغيل يمرُّ في السلكين تيارٌ (300 A) «مدّة قصيرة». ما مقدار القوة المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، بافتراض أنّهما متوازيان والمسافة الفاصلة بينهما (4 cm)؟ وهل تكون هذه القوة تجاذبًا أم تنافرًا؟
 القوة المتبادلة بين وحدة الأطوال للسلكين في السيارة:

$$F = \frac{\mu_0 I I L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 300 \times 300 \times 1}{2\pi \times 0.04} = 0.45 \text{ N}$$



13. دخلت أربعة جسيمات (a,b,c,d) منطقة مجال مغناطيسي مُنتظمٍ بسرعاتٍ متساويةٍ وباتجاهٍ عموديٍّ على خطوطه كما في الشكل. أُحدّد أيًا من هذه الجسيمات يحمل شحنة موجبة وأيها يحمل شحنة سالبة وأيها لا يحمل شحنة، ثم أرتّب الجسيمات a, b, d تصاعديًا حسب كتلتها.

حسب اتجاه الانحراف، فإن الجسيمين (a) و (b) موجبا الشحنة، والجسيم (c) متعادل، والجسيم (d) سالب الشحنة. واعتمادًا على نصف قطر المسار فإن الترتيب التصاعدي للجسيمات حسب كتلتها:

$$m_d < m_a < m_b$$

14. ملفٌ دائريٌّ من سلكٍ نحاسيٍّ عدد لفاته (80)، نصف قطر كل منها (10 cm)، ويحمل تيارًا كهربائيًا (5 A). أحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف.
 المجال في مركز الملف الدائري:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 80}{2 \times 0.1} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ T}$$

15. ملفٌ دائريٌّ يتكوّن من (100) لفّةٍ من سلكٍ نحاسيٍّ يسري فيه تيارٌ كهربائيٌّ (20 A)، وُضِعَ في مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتَظَمٍ (0.3 T)، بحيثُ كانت الزاوية بين مُتّجه مساحة الملفّ وخطوط المجال المغناطيسيّ (45°)؛ فتأثّر بعزمٍ مقداره (21.3 Nm). أجدُ مساحة الملفّ.

$$\tau = NIAB \sin \theta = NIAB \sin 45$$

$$\tau = (100 \times 20 \times 0.3 \times 0.71)A = 21.3 \text{ N.m}$$

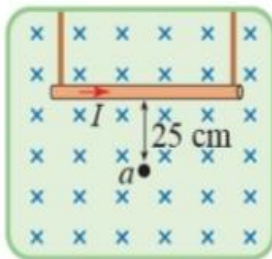
$$A = \frac{21.3}{426} = 0.05 \text{ m}^2$$

16. يتحرّك بروتونٌ في مسارٍ دائريٍّ نصف قطره (12 cm) داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتَظَمٍ مقداره (0.7 T)، يتعامدُ اتّجاهُ خطوطه مع مستوى المسار الدائري. أحسبُ السرعة الخطيّة التي دخل فيها البروتون المجال.

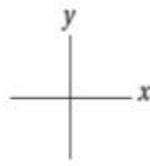
$$F_B = F_C \rightarrow qvB \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r}$$

$$v = \frac{qBr}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.7 \times 0.12}{1.67 \times 10^{-27}} = 8 \times 10^6 \text{ m/s}$$

17. موصلٌ مستقيمٌ طوله (60 cm) يحملُ تيارًا كهربائيًا (4 A)؛ معلقٌ أفقيًا داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ كما في الشكل.



$$B = 2 \times 10^{-6} \text{ T}$$



اعتمادًا على بيانات الشكل؛ أحسب ما يأتي:

أ. المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة (a).

ب. مقدارُ القوة المغناطيسيّة المؤثّرة في الموصل المستقيم.

ج. القوة المغناطيسيّة المُحصّلة المؤثّرة في جُسيمٍ شحنته موجبةٌ مقدارها (2 × 10⁻⁶ C)

لحظةً مروره بالنقطة (a) بسرعة (6 × 10⁴ m/s) باتجاه محور (-y).

(أ) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a):

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.25} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B = B_1 + B_2 = 2 \times 10^{-6} + 3.2 \times 10^{-6} = 5.2 \times 10^{-6}$$

(ب) القوة المغناطيسية المؤثّرة في الموصل المستقيم:

$$F_B = IBL \sin \theta = 4 \times 2 \times 10^{-6} \times 0.6 \times 1 = 4.8 \times 10^{-6} \text{ N}$$

(ج) القوة المغناطيسية المحصلة المؤثّرة في الجسيم المشحون:

$$F = qvB \sin \theta = 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 \times 5.2 \times 10^{-6} \times 1 = 6.24 \times 10^{-7} \text{ N}$$