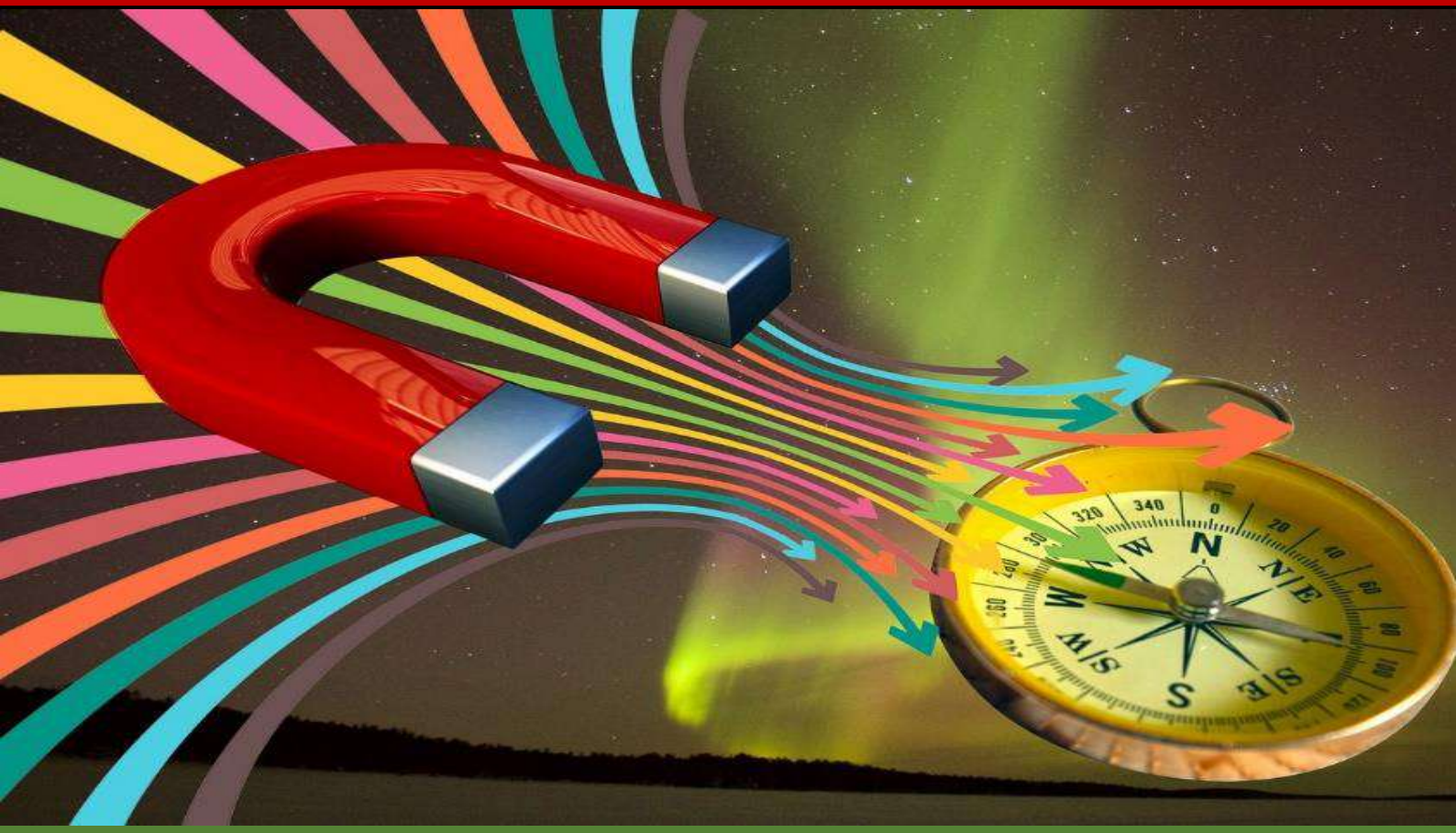
توجيهي جيل 2007

المجال المغناطيسي



المميز في الفيزياء

الفصل الدراسي الأول

المعلم: عبد الفتاح نبيل أبو الحاج

0780199072

فهرس المواضيع

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

مقدمة للوحدة

الدرس الأول: القوة المغناطيسية .

الفكرة الرئيسة:

يولد المغناطيسُ حوله مجالاً مغناطيسيًا يؤثّر بقوّةٍ في الموادّ المغناطيسيّة وفي الشحنات الكهربائيّة المتحرّكة فيه. من أهم تطبيقات هذه القوّة: المحرّكُ الكهربائيّ الذي يستخدم في السيارات الكهربائيّة التي أصبحت تغزو الأسواق بفعل كفاءتها العالية في تحويل الطاقة وحفاظها على البيئة.

أهداف الدرس:

1. أستنتجُ من التجربة أنّ المجال المغناطيسيّ يؤثّر في الشحنة المتحرّكة فيه بقوّةٍ، وأصف هذه القوّة.
أشرح طريقة عمل مطياف الكتلة والسينكروترون معتمدًا على خصائص القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في شحنةٍ كهربائيّة.
2. أستنتجُ من التجربة أنّ موصلٌ يحمل تيّارًا كهربائيًّا موجودًا في منطقة مجالٍ مغناطيسيٍّ يتأثّر بقوّةٍ مغناطيسيّة. وأصف هذه القوّة.
3. أصمّم غلفانوميتر معتمدًا على خصائص القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها المجال المغناطيسيّ في موصل يحمل تيارًا كهربائيًّا.
4. أصمّم مُحرّكًا كهربائيًّا، وأحدّد العوامل التي تزيد من سرعة دورانه

المفاهيم والمصطلحات:

مجالٌ مغناطيسيّ Magnetic Field
تسلا Tesla
مطياف الكتلة Mass Spectrometer
سينكروترون Synchrotron
عزم Torque

الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

الفكرة الرئيسة:

تحقّقت فائدةٌ كبيرةٌ من استخدام المغناطيس الكهربائيّ في التطبيقات التكنولوجيّة الحديثة، فالمجالُ المغناطيسيّ الناتج عنه يفوق مجالات المغانط الطبيعيّة بآلاف المرات، واستخداماتُ المجال المغناطيسيّ أحدثت تقدُّمًا كبيرًا في مجالات إنتاج الطاقة والطبّ والنقل وغيرها.

أهداف الدرس:

1. حلّلُ بياناتٍ تجريبيّةً وأدرس وصفيًّا وكميًّا المجال المغناطيسيّ الناشئ عن سريان تيار كهربائيّ مستمرٍّ في كل من: موصلٍ مستقيمٍ طويل، ملفٍّ دائري، ملفٍّ لولبي.
2. أطوّر رسومًا تخطيطيّة وتعبيراتٍ لفظيّةً: لأصف شكل خطوط المجال المغناطيسيّ الناتج عن مرور تيار في كل من: موصل مستقيمٍ طويل، ملفٍّ دائري، ملفٍّ لولبي.
3. أكتب -معتمدًا على قانون بيو وسافار-معادلاتٍ رياضيّةً وأحسبُ المجال المغناطيسيّ عند نقطةٍ الناتج عن موصلٍ مُستقيمٍ، وعند مركز ملفٍّ دائريٍّ، وعند مركز ملفٍّ لولبيّ.
4. أنفّذُ استقصاءً عمليًّا لتعرُّف خصائص القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها موصلٌ مستقيم يحمل تيّارًا في موصلٍ آخر موازٍ له.

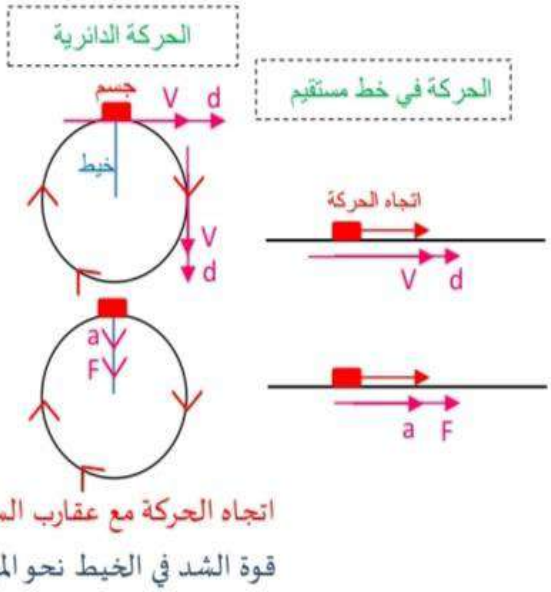
المفاهيم والمصطلحات:

مجالٌ مغناطيسيّ Magnetic Field
حلقةٌ دائريّة Circular Loop
ملفٌّ لولبي Solenoid
مناطقُ مغناطيسيّة Magnetic Domains

تأسيس للوحدة

أولا: علم الحركة:

علم الحركة



اتجاه الحركة مع عقارب الساعة

قوة الشد في الخيط نحو المركز

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

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

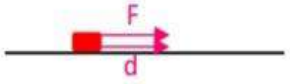
قانون نيوتن الثاني : F=ma

اذا اثرت قوة محصلة في جسم اكسبته تسارعاً

يتناسب طردياً مع مقدارها و بنفس الاتجاه

3 القوة و الازاحة غير متلازمان اتجاهاً دائماً

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



+X +X θ = 0

W = F d cosθ = +

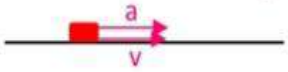
بما أن الشغل موجب فهذا يعني أن هذه القوة تزود الجسم بالطاقة و بالتالي تزداد طاقته الحركية .

-X +X θ = 180

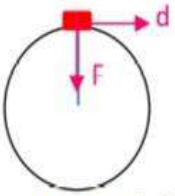
W = F d cosθ = -

بما ان اشارة الشغل سالب فهذا يعني ان هذه القوة تسحب طاقة من الجسم يخسر من طاقته.

عندما تكون F//d فإن a//V و يعمل هذا التسارع الموازي للسرعة على تثبيت اتجاه السرعة و تغيير مقدارها .



B القوة العامودية F⊥ d مثل الحركة الدائرية



-y +X θ = 90

W = F d cosθ = 0

بما ان الشغل المبذول صفراً هذا يعني ان الطاقة الحركية للجسم ثابته اي ان التغير في الطاقة الحركية ΔKE=0

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

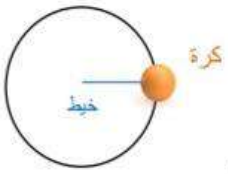
عندما تكون F⊥ d فإن a⊥ V و يعمل هذا التسارع العمودي على السرعة على تثبيت مقدار السرعة و تغير مستمر (بشكل لحظي) في الاتجاه لذلك يسلك الجسم مسار دائري .

تلخيص علم الحركة

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 دراستنا

4 الحركة الدائرية المنتظمة



يبين الشكل كرة مربوطة بخيط تدور في مسار دائري بسرعة ثابته مقداراً لكنها متغيرة اتجاهاً يطلق على الحركة في هذه الحالة اسم **الحركة الدائرية المنتظمة** .

يمتلك الجسم في الحركة الدائرية تسارعاً مركزياً يرمز له بالرمز (a_c) و يكون اتجاهه دائماً نحو مركز المسار الدائري و يؤدي الى تغير في اتجاه السرعة و يعطى بالعلاقة :

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

V^2 ← مربع سرعة الجسم

r ← نصف قطر المسار الدائري

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

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

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

ثانيا: المجال الكهربائي:

المجال الكهربائي

عندما تؤثر القوة في الاجسام 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 خاصّية للحيّز المحيط بالجسم المشحون، ويظهر في هذا الحيّز تأثير المجال على شكل قوى كهربائية تؤثّر في الأجسام المشحونة الأُخرى. والمجال الكهربائي من الكمّيات الفيزيائية المتّجهة، نُعبّر عنه بالمقدار والاتّجاه.

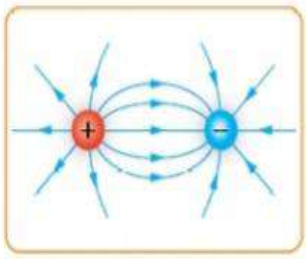
خطوط المجال الكهربائي:

(أ)

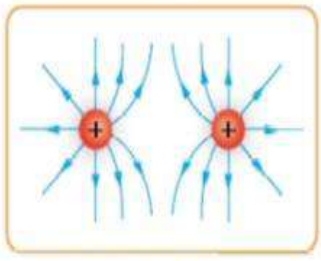
1 - تدلّ كثافة خطوط المجال الكهربائي التي تخترق سطحًا محدّدًا على شدّة المجال الكهربائي، ويُقصد **بكثافة خطوط المجال الكهربائي** Density of Electric Field Lines أنّها عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة من هذا السطح بشكل عمودي عليه؛ أي إنّ شدّة المجال الكهربائي تزداد حيثما تتزاحم خطوط المجال.

(ب)

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

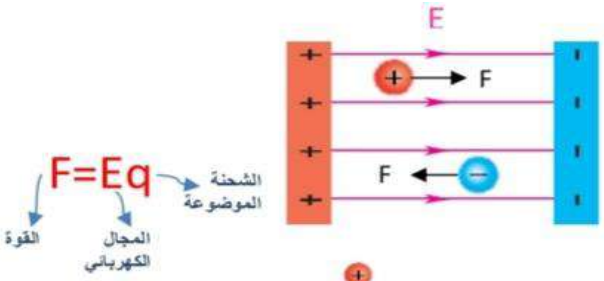

(جـ)

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


(د)

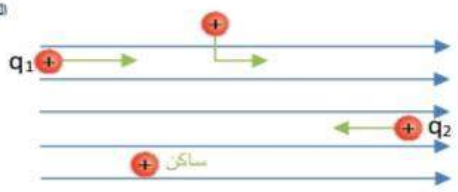
4 - خطوط وهمية غير مقفلة تخرج من الشحنة ولا تعود إليها اذا كانت موجبة و تدخل للشحنة السالبة ولا تخرج منها .

القوة الكهربائية والمجال الكهربائي

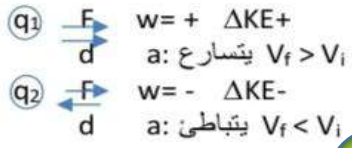


قواعد هامة :

- 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 و المتحركة ، لذلك فالقوة الكهربائية تبذل شغل و بالتالي تغير من الطاقة الحركية للاجسام 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 .



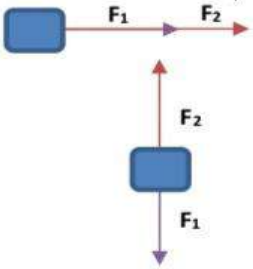
ثالثا: المتجهات وإيجاد محصلة القوة: المتجهات

لإيجاد محصلة عدة متجهات من نفس النوع (قوةF، مجال كهربائي E، مجال مغناطيسي B) يؤثران في نقطة او جسم، هو عملية استبدال لجميع تلك المتجهات المؤثرة بمتجه واحد فقط له مقدار واتجاه يكافئ تأثيرهم جميعا.

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

الحالة الأولى :

محصلة متجهان على استقامة واحدة الزاوية بينهم 180أو0



المتجهان بنفس الاتجاه:

المقدار : $F_R = F_1 + F_2$

الاتجاه : بنفس الاتجاه

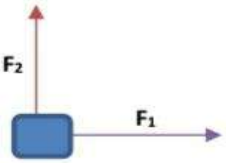
المتجهان متعاكسان :

المقدار : $F_R = F_{\text{أكبر}} - F_{\text{الأصغر}}$

الاتجاه : باتجاه F الأكبر

الحالة الثانية :

محصلة متجهان متعامدان الزاوية بينهم (90)



تعامد مباشر :

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

تعامد بعد التحليل :

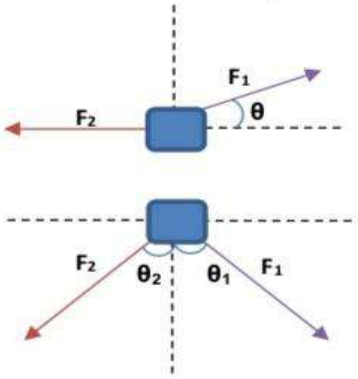
المقدار : $F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$

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

$\emptyset$: محصورة بين المجاور و F

الحالة الثالثة:

محصلة متجهان احدهما ع الأقل مائل الزاوية بينهم مش (0 أو180) و مش (90)



خطوات ايجاد محصلة المشمش :

1)نحلل كل متجه الى مركبتين

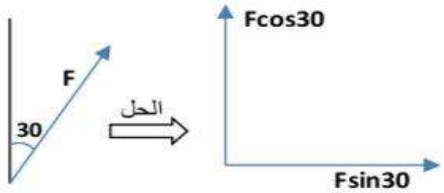
2)نوجد محصلة كل من Xو y

ملاحظة: في حالة نتج محصلة على المحور x و محصلة على محور y نطبق التعامد بعد التحليل .

تحليل المتجهة المائل

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

القاعدة (الطريقة): يحلل الى مركبتين (y,x) المحور الي الزاوية مصنوعه معه هو الي بنعطيه Cosθ و الاخر sinθ.



رابعا: الاتزان السكوني:

الاتزان السكوني

نستدل على أن فكرة السؤال مبنية على الاتزان عندما يذكر السؤال
- جسم متزن
- اذا علمت ان القوة المحصلة على الجسم صفر
- مشاهدة خيوط و جسم معلق

خطوات الحل على الاتزان A ثم B

A نهتم بالاتزان فقط

قبل النظر الى المطلوب هنالك 3 حركات:

1. **نخطط** جميع القوى المؤثرة في الجسم
2. **نحلل** أي قوة مائلة ان وجدت
3. **نجهز** معادلات الاتزان

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

$$\sum F_{-y} = \sum F_{+y} \qquad \sum F_x = 0$$

B نهتم بالمطلوب في السؤال

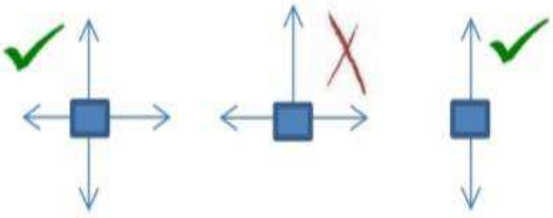
و نستفيد من معادلات الاتزان والقوانين المناسبة لايجاد المطلوب :

تذكر:
- ✓ قوة الوزن للاسفل $F_g = mg$
- ✓ قوة الشد(T) نحو نقطة التعليق دائماً
- لا يوجد لها: T قانون

T: اما تعطى لكن يتم حذفها من المعادلتين او بتكون هي المطلوبة .

Note:

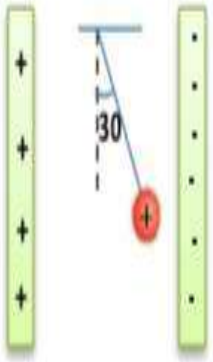
لضمان التخطيط السليم لجميع القوى بعد اجراء الخطوتان 3و2 يجب الحصول على قوى متقابلة (متعاكسة).



مثال للتوضيح

صفيحتان متوازيتان احداهما موجبة و الاخرى سالبة كما في الشكل اذا اتزنت كرة صغيرة مشحونة بشحنه مقدارها $(q=2\times10^{-6}c)$ و كتلتها $\sqrt{3}kg$ معلقة بخيط كما في الشكل احسب مقدار المجال الكهربائي المؤثر في الكرة علماً بأن $E=\frac{F_E}{q}$

3. نجهز معادلتي الاتزان:



الخطوة A

$$\sum F_y=0 \qquad \sum F_x=0$$

$$T\cos30=F_g \qquad T\sin30=F_E$$

بقسمة المعادلتين نوجد قيمة F_E

الخطوة B

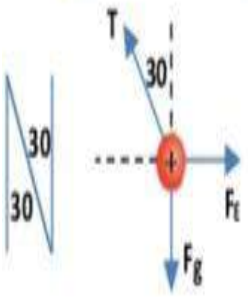
$$F_E=f_g\tan30$$

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

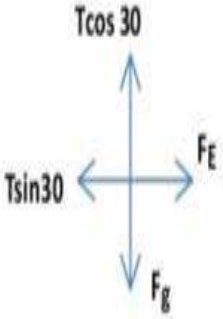
$$F_E=10N$$

$$E=\frac{F_E}{q}=\frac{10}{2\times10^{-6}}=5\times10^{6}\ N/C$$

1 نخطط



2 نحلل



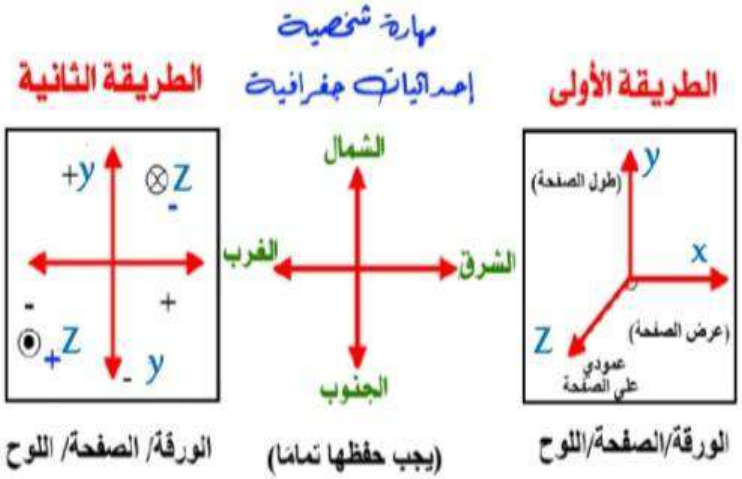
$$T\sin30=F_E$$

$$T\cos30=F_g$$

$$\tan30=\frac{F_E}{F_g}$$

خامسا: نظام الإحداثيات(3D)

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



طول الصفحة محور الصادات (y)		عرض الصفحة محور السينات (x)		عمودي على الصفحة محور الزينات (z)	
اعلى الصفحة /شمال	أسفل الصفحة/ جنوب	يمين الصفحة/ شرق	يسار الصفحة/ غرب	نحو الخارج مقترب من الناظر	نحو الداخل مبتعد عن الناظر
B نحو (+y)	B نحو (-y)	نحو (+X)	نحو (-X)	B نقطة طائعة نحو (+Z)	B Box للداخل نحو (-Z) اكس : محور سالب

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

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

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي

أولا: المجال المغناطيسي.

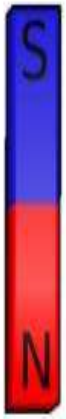
تعرف الإنسان على المغناطيسية؛ فمعدن المنغنيت مادة ممغنطة طبيعية، عندما علقت قطعة منها تعليقا حرا في الهواء أخذت تدور حتى استقرت باتجاه شمال-جنوب؛ لذلك صنع منها الصينيون القدامى وشعوب الفايكنغ البوصلة واستخدموها في الملاحة.

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

٢) صناعي: أ) دائم: مواد قابلة للتمغنط.

ب) مؤقت: عند مرور تيار كهربائي في الموصل.

المغناطيس الدائم:



- تُصنَع المغانط الدائمة من موادّ قابلة للتّمغنُط مثل؛ الحديد، والنيكل والكوبالت، والنيوديميوم، حيثُ تُسمّى موادّ مغناطيسية.
- لكلّ مغناطيس قطبان؛ قطبٌ شماليّ North Pole (N) ، وقطبٌ جنوبي South Pole (S).
- عند تعليقِ مغناطيسٍ مُستقيمٍ بحيثُ يكون حرّ الدوران؛ فإنّ قطبهُ الشماليّ يشيرُ نحو الشمال، بينما يشير قطبه الجنوبيّ نحو الجنوب. تجدُر الإشارة إلى أنّ القُطب المغناطيسي الشمالي للأرض يقعُ بالقرب من قُطبها الجغرافي الجنوبيّ، والعكس صحيح

توجدُ أقطابُ المغانط دائمًا على شكل أزواج؛ شماليٍّ وجنوبيّ، ولا يوجد قطبُ مغناطيسيٌّ منفردٌ، على خلاف الشحنات الكهربائيّة، حيث يمكن أن توجد شحنةٌ مفردة؛ موجبةٌ أو سالبة.

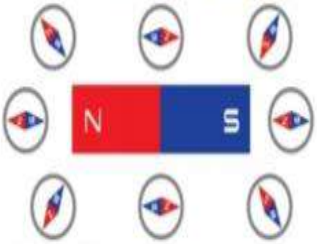
- يؤثّر المغناطيسُ بقوّة عن بُعد في أيّ قطعة من مادّة مغناطيسيّة قريبة منه؛ وبذلك فإنّ القوّة المغناطيسية قوّة تأثير عن بعد (مثل قوّة الجذب الكتلي، والقوّة الكهربائية).

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

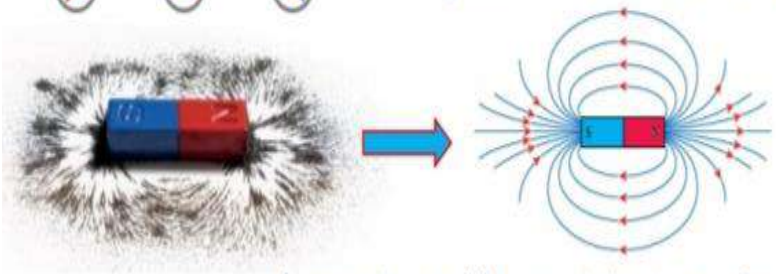
- المجال المغناطيسي كمية متجهة.
- يرمز للمجال المغناطيسي بالرمز(B).
- يقاس المجال المغناطيسي بوحدة تسلا (tesla) (T).

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

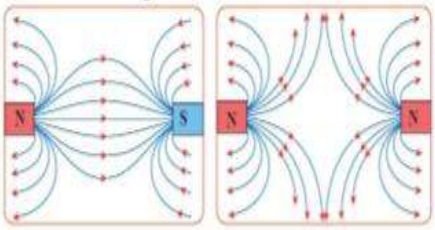


برادة الحديد : تستخدم برادة الحديد لترسم خطوط المجال المغناطيسي

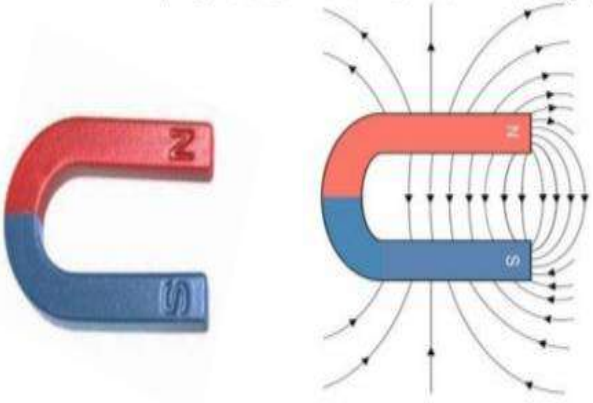


ملاحظة

عند تقريب مغناطيسين من بعضهما بعضًا، 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.



سؤال أرسم خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس على شكل حرف (u) المبين بالرسم.

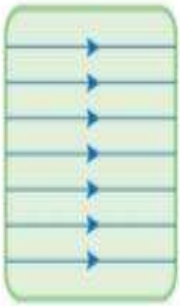


خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

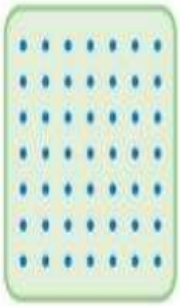
- خطوط وهمية مقفلة تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي.
- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأن المجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة، يحدد باتجاه المماس لخط المجال.
- يعبر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي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

المجال المغناطيسي المنتظم:

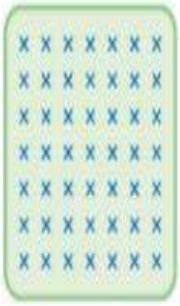
المجال المغناطيسي المنتظم



(أ)



(ب)



(جـ)

يكونُ المجالُ المغناطيسيّ المُنتَظم Uniform magnetic field ثابتًا في المقدار والاتّجاه عند النقاط جميعها في منطقة المجال، ويمثَّلُ بخطوطٍ مُستقيمةٍ مُتوازية ؛ تكون المسافات بينها متساويةً، كما يبيّن الشكلُ (أ)، ويمثَّلُ بمجموعة نقاطٍ (رأسُ سهمٍ يتّجهُ نحو الناظر)مُرتّبةٍ بانتظام؛ عندما يكون عموديًّا على الصفحة وكأنّه خارجٌ منها نحو الناظر، كما في الشكل (ب) ويمثّلُ بمجموعةِ إشارات ضربٍ (ذيلُ سهمٍ يتّجهُ بعيدًا عن الناظر)مُرتّبةٍ بانتظام؛ عندما يكون عموديًّا على الصفحة وكأنّه داخلٌ فيها مبتعدٌ عن الناظر، كما يبيّن الشكلُ (ج)

ثانيا: 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:

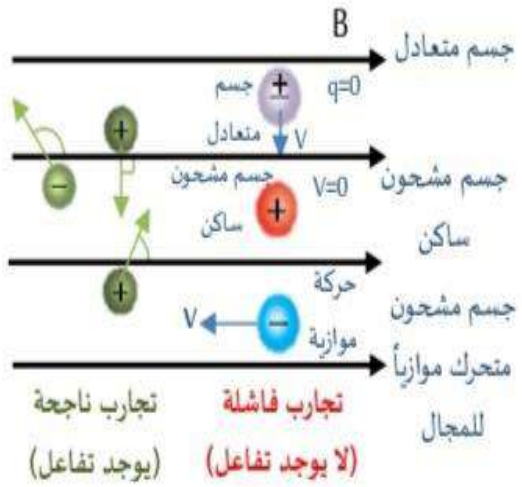
الشرط الأول: أن يكون الجسم مشحون.

الشرط الثاني: أن يكون الجسم متحرك.

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

الشرط الثالث: ألا تكون حركة الجسم موازيه 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

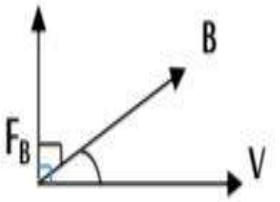
جسم مشحون ($q\neq0$) اذا تحرك ($V\neq0$) في منطقة مجال مغناطيسي (B) باتجاه لا يوازي اتجاه المجال المغناطيسي يعني θ المحصورة بين اتجاه V و B $\theta\neq180$ $\theta\neq0$ فإن الجسم سيتأثر بقوة مغناطيسية (F_B).

وجد من التجربة أنه :

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

حيث يشير الرمز:

$$F_B = qV \times B$$

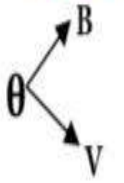


F_B: متجه القوة المغناطيسية الذي يكون دائماً عمودياً على كل من :

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

مقداراً

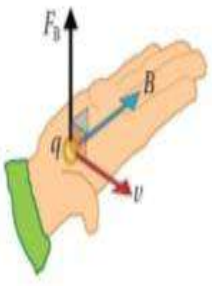
$F=qVB\sin\theta$



القوة المغناطيسية المؤثرة في جسم مشحون متحرك في مجال مغناطيسي

اتجاهاً

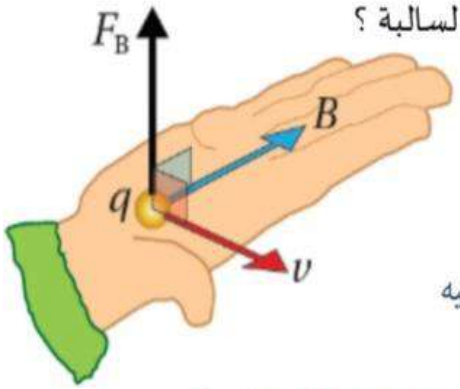
قاعدة اليد اليمنى



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

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

سؤال

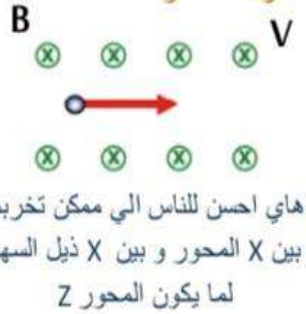
جسيم شحنته (2×10^{-6}C) يتحرك بسرعة (4×10^{6} m/s) نحو الشرق في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (3T) عمودي على الصفحة للداخل جد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم.

المعطيات : $B=3T$ ⊗ $V=4\times10^{6}m/s$ +X $q=2\times10^{-6}c$

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 بتحطها فوق القانون



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

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

لما يكون المحور Z- حط الذيل داخل دائرة ⊗ عشان ما تخربط مع محور X

حسب قاعدة اليد اليمنى +y نحو ، $F_B=qVB\sin\theta=2\times10^{-6}(4\times10^{6})(3)(1)=24N$

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

سؤال جسم شحنته ($2\times10^{-6}c$) يتحرك بسرعة $4\times10^{6}m/s$ نحو الشرق عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 2m N نحو الشمال جد مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي .

$\theta = 90$

$F_B = qVB\sin\theta \Rightarrow 24 = 2\times10^{-6}(4\times10^{6})B(1)$ B=3T

أكيد على Z حسب اليد

$F_B = q\,V\,B\sin\theta$ (+y, +x)

اليمنى (-Z) أي (X)

سؤال جسم شحنته ($2\times10^{-6}c$) يتحرك عمودياً باتجاه عمودي على اتجاه مجال مغناطيسي مقداره (3T) نحو محور (-Z) فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 24N نحو الشمال جد مقدار و اتجاه سرعة الجسيم .

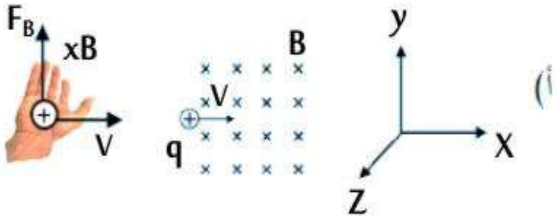
$F_B = qVB\sin\theta \Rightarrow 24 = 2\times10^{-6}V(3)(1)$

$V = 4\times10^{6}\ m/s$

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

$F_B = +q\,V\,B\sin\theta$ (+y, X)

سؤال حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم 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) و هو محور (y) الأن :

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

$F_B = q_{+}\,V\,B\sin90$ (y نعتمد +x -z)

1) نثبت الأصابع داخل الصفحة نحو المجال Box(x)

2) نوجه الإبهام الي يمين الصفحة (+X)

3) حركة الكف (أو القلم) يكون نحو (+y)

4) q+ موجبة نعتمد النتيجة $\overleftarrow{F_B} = +y$

Z نعكس -X +y

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

1) نثبت الأصابع نحو طول الصفحة بشكل منطبق على الصفحة لأعلى (+y)

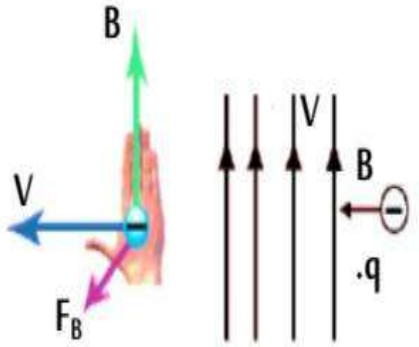
2) نوجه الإبهام نحو عرض الصفح اليسار (-X)

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

4) -q سالبة نعكس النتيجة فيكون $\vec{F_B}$ نحو +X

F_B اجباري محور Z $\perp$ (y، X)

ب)



Z نعتمد +y (y x) مائل

$F_B = q_+ \ V \ B \sin 30$

1) نثبت الأصابع منطبقة على الصفحة و مائلة كما في الشكل

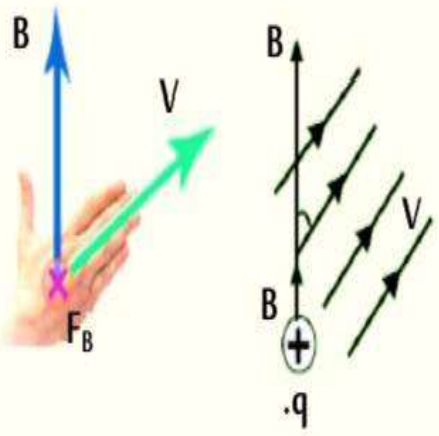
2) نوجه الإبهام نحو (+y) أعلى الصفحة .

3) نحرك الكف (القلم) نحو (-Z) ✗

4) +q موجبة نعامد النتيجة فيكون $\vec{FB}$ نحو -Z

$\vec{F_B} \perp \vec{V}$ و $\vec{B}$ (المستوى y x)

ج)

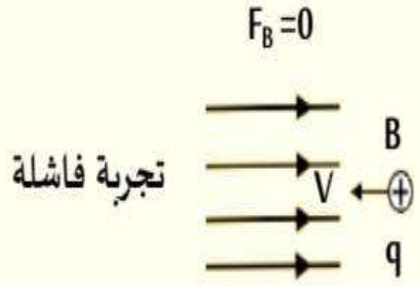


X نعتمد -X +X

$F_B = q_+ \ V \ B \sin 180 = 0$

حركة موازية لم تخترق و تقطع خطوط المجال

د)



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 :

من العلاقة $F_B = qVB\sin\theta$

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 :

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 .

من القانون : هو $B = \frac{F_B}{qV\sin\theta}$

1c 1m/s اتجاه عمودي

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

+ +X +y

$F_B = qV\ B\sin\theta$

سؤال كيف تفسر كل مما يلي :

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.

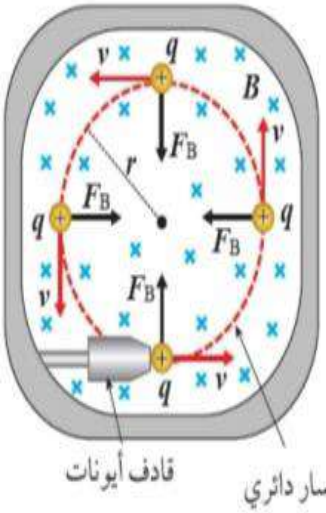
1) عندما يكون الجسيم المشحون ساكناً

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

2 حركة جسم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم:

الحركة الدائرية لجسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

يظهرُ في الشكل حزمةُ جُسيماتٍ موجبة الشحنة تتحرّك داخل أُنبوبٍ مفرغٍ من الهواء بسرعةٍ ابتدائيةٍ (v) باتّجاه محور(+x) : فتدخل مجالاً مغناطيسيًا مُنتظمًا يتّجه داخل الصفحة(-z) ، بشكلٍ عموديٍ عليه. يتأثّر كل جُسيمٍ في هذه الحزمة لحظة دخوله المجال المغناطيسيّ بقوّةٍ مغناطيسيّةٍ يكون اتّجاهُها عموديًّا على كلٍّ من اتّجاه المجال المغناطيسيّ واتّجاه السرعة، أيّ باتّجاه (+y)، فتعملُ القوّةُ على انحراف حزمة الجُسيمات باتّجاهها؛ فيتغير اتّجاه سرعة الجُسيمات، ويتغير نتيجة لذلك اتّجاه القوّة، وتبقى القوّة باتّجاهٍ عموديٍ على كلّ من اتّجاه السرعة واتّجاه المجال، ويُعطى مقدارها بالعلاقة :



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

وتتحرّك الجُسيمات بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا في مسارٍ دائريٍ يقعُ في مستوًى مُتعامِد مع اتّجاه المجال المغناطيسيّ. تعملُ القوّة المغناطيسيّةُ في هذه الحالة عمل القوّة المركزية، ويمكن التعبيرُ عن مقدارها باستخدام القانون الثاني لنيوتن بالعلاقة:

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

حيث m كتلة الجُسيم و r نصف قطر المسار الدائري. أستنتجُ من العلاقتين السابقتين أنّ:

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

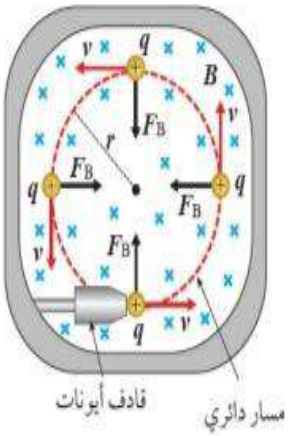
يُسمّى المقدارُ $\frac{q}{m}$ **الشحنةَ النوعيّة للجُسيم**، وهي ناتجُ قسمة شحنة الجُسيم على كتلته. وتُعدّ صفةً فيزيائيّة للمادّة؛ يستخدمها العلماءُ للتعرُّف على الجُسيمات المجهولة. حيث صُمّمت أجهزةٌ عدّةٌ تستخدم القوّة المغناطيسيّة في توجيه الجُسيمات المشحونة؛ منها مطيافُ الكتلة ومسارع السينكروترون.

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.

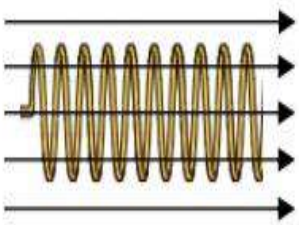
ملاحظات

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



$V \perp B$

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



3 تطبيقات تكنولوجية:

التطبيق الأول: مطياف الكتلة

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

تُحوّل العيّنة إلى الحالة الغازية، ثم تؤيّن جُسيماتها؛ بحيث يفقدُ كلٌّ منها عدداً متساوياً من الإلكترونات؛ فتصبح جميعُها متساويةَ الشحنة رغم اختلاف كُتَلها. ثمّ تدخل هذه الأيونات بالسرعة نفسها مجالاً مغناطيسياً مُنتظماً عمودياً على اتّجاه السرعة، فيتحرك كلُّ أيونٍ في مسارٍ دائري نتيجةَ للقوّة المغناطيسيّة المركزية المؤثّرة فيه وتُعطى بالعلاقة:

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

وبسبب اختلاف كُتَل الأيونات يختلف نصفُ قطر المسار الدائري (r) لكلٍّ منها؛ كما في الشكل .وحيثُ أنّ مقاديرَ كلٍّ من السرعة والمجال والشحنة ثابتةٌ، فإنّ نصفَ قطر المسار يتناسب طردياً مع الكتلة .(m) وبمعرفة قيمة (r)؛ يجري حسابُ الشحنة النوعية لكلّ أيون، ثم التعرّف على هُويّة مكوّنات العيّنة. علماً أنّ الأيونات سالبة الشحنة تنحرفُ باتّجاهٍ معاكسٍ لاتّجاه انحراف الأيونات الموجبة.

التطبيق الثاني: مسارع السينكروترون:

أهمية واستخدامات جهاز السينكروترون

جهاز السينكروترون

جهازٌ يُستخدم لتسريع الجُسيمات المشحونة مثل الإلكترون، والبروتون، والأيونات إلى سرعات عالية؛ لاستخدامها في الأبحاث العلمية. ويُستخدمُ لذلك مجالٌ كهربائيٌ، ومجالٌ مغناطيسي.

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 رئيستان 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 انتاج 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 الجسيم محافظا على حركته الدائرية من دون زيادة في نصف القطر، لذلك يجب زيادة المجال المغناطيسي.

الربط مع الكيمياء

الموجاتُ الكهرمغناطيسيّة الصادرة عن السينكروترون، يمكن التحكُّم فيها لإعطاء حُزَم تتراوح أطوالها المَوجيّة من تحت الحمراء إلى الأشعة السينيّة، حيث أنّ موجات الضوء المرئيّ الناتجةُ تفوق ضوء الشمس في سطوعها. بحيثُ يستخدم الطول الموجي المناسب في الأبحاث العلمية في مجالات الفيزياء والكيمياء؛ مثل اكتشاف الخصائص الذريّة والجُزيئيّة 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 للجسم	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 شغلا على جسم مشحون يتحرك داخل مجال كهربائي؟

القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك داخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائمًا 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 زوية 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 استجاه 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 : $r=\frac{mv}{qB}$

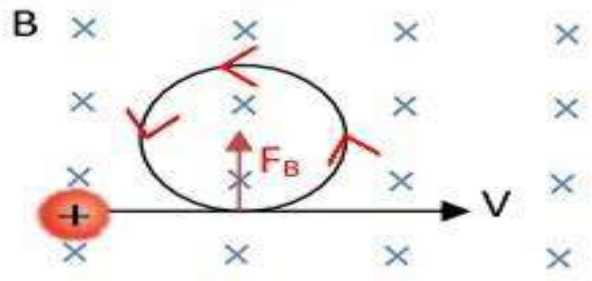
الاجابة $\theta=90$ $\sin 90=1$

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

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

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 :

أولا: نكمل المسار الدائري بالقلم و نختار 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)

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

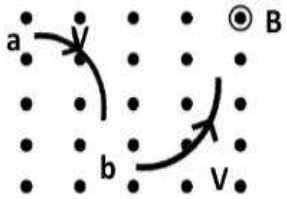
اذا حركة الكف (القلم) وافق واقع الرسمة تكون (q : موجبة)

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

و اذا كان الجسيم المخترق للمحال متحرك بخط مستقيم يكون متعادل (غير مشحون) q= صفر

سؤال

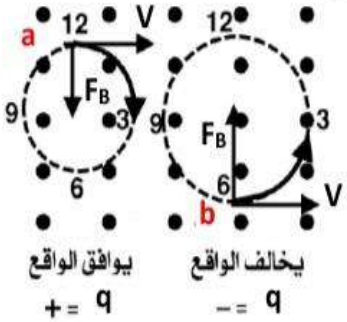
يمثل الشكل المجاور مسار جسمين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس مقدار السرعة تمعن في الشكل وأجب عما يلي:



1 .ما نوع شحنة كل منهما؟ فسّر إجابتك.

2 .أي الجسمين أكبر كتلة؟ فسّر 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) > من كتلة (a).

تلخيص

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

عندما يكون المجال المغناطيسي ⊙ نعتمد طريقة ← موجب يتحرك مع عقارب الساعة

← السالب يتحرك عكس عقارب الساعة

عندما يكون المجال المغناطيسي ⊗ نعكس الطريقة ← موجب عكس

← سالب مع

أسئلة متنوعة

سؤال شحنة كهربائية مقدارها (-1pc) تتحرك بسرعة مقدارها($\sqrt{2}\times10^5$) نحو الغرب في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.01T) و يصنع اتجاهه زاوية مقدارها (45°) مع محور السينات الموجب جد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة :

$$F_B = q\,V\,B\sin\theta = 1\times10^{-12}(\sqrt{2}\times10^5)(1\times10^{-2})\frac{1}{\sqrt{2}} = 1\times10^{-9}N$$

- -x
بين +x و +y

$$\text{Sin } 45 = \sin 135 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

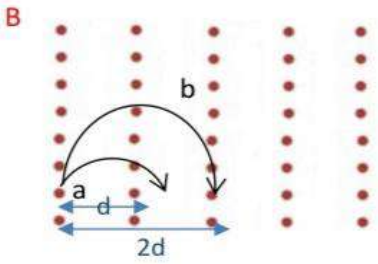
سؤال في جهاز مطياف الكتلة (a، b) جسيمان مشحونان ادخلا بالسرعة نفسها بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم فاتخذا المسارين الموضحين في الشكل المجاور نستنتج ان الشحنة النوعية للجسيم a تساوي :

أ) الشحنة النوعية للجسيم b

ب) ضعف الشحنة النوعية للجسم b

ج) نصف الشحنة النوعية للجسم b

د) اربعة اضعاف الشحنة النوعية للجسم b



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

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

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

سؤال اذا دخل جسيم مشحون كتلته (4×10^{-10} Kg) و شحنته (4mc) مجالاً مغناطيسيا منتظماً مقداره (0.2T) و بسرعة مقدارها (10^4m/s) باتجاه عمودي على المجال المغناطيسيس ، فإن مقدار التغير في طاقته الحركية بعد مرور (3s) على وجوده داخل المجال المغناطيسي بوحدة الجول هو:

أ) 2×10^{-2} ب) 2×10^{2} ج) 0.2 د) 0

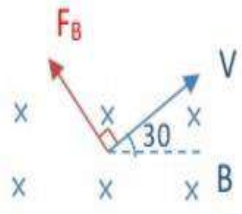
الاجابة (د) : لان القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسيم ولا تغير من طاقته الحركية .

سؤال تحركت شحنة مقدارها (1PC) بسرعة مقدارها ($2\times10_5$ m/s) باتجاه يميل بزاوية (30°) عن محور السينات الموجب في مجال مغناطيسي مقداره (3×10^{-3}T) و اتجاه عمودي على الصفحة نحو الداخل جد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة .

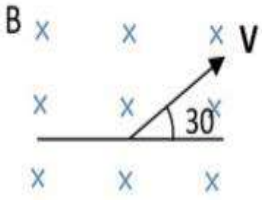
$F_B = q\ V\ B \sin\theta$

$= 1\times10^{-12}\ (2\times10^{5})\ (3\times10^{-3})\ (1)$

$= 6\times10^{-10}$N



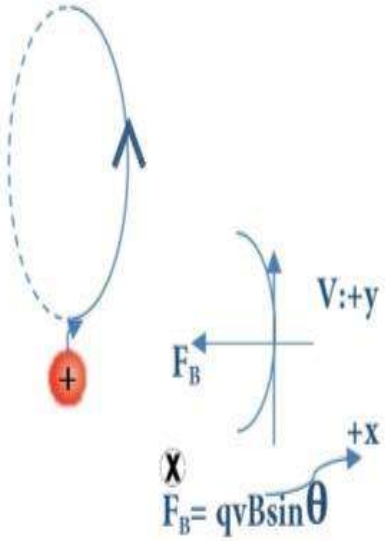
حسب قاعدة اليد اليمنى اتجاه القوة المغناطيسية يصنع 120 مع محور +X



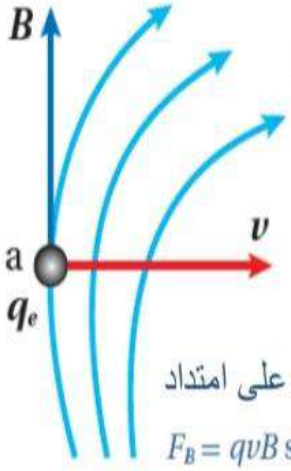
θ =90 وليس 30 و ذلك لأننا نهتم بالزاوية بين V و B منطبق على عمودي على الصفحة

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 تميز : هنا تفشل برمجية ⊗ و ⊙ لان المجال اصلاً مش على محور Z



سؤال يتحرّك إلكترون بسرعة $(5 \times 10^6\ \text{m/s})$ باتّجاه محور $(+x)$؛ أحسب مقدار القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر فيه لحظة مروره بالنقطة (a) وأحدّد اتّجاهها، علمًا أنّ المجال المغناطيسيّ عندها $(2 \times 10^{-4}\ \text{T})$ باتّجاه محور $(+y)$. كما في الشكل (5).

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

المطلوب : $F_B = ?$

ألاحظ أنّ خطوط المجال المغناطيسيّ ليست مستقيمة، لكن عند النقطة (a) يكون اتّجاه المجال على امتداد المماس وللأعلى وباتّجاه $(+y)$.

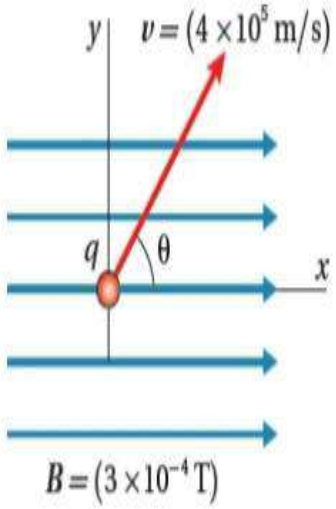
$$F_B = qvB \sin\theta$$

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

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

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ أجد أنّ اتّجاه القوّة التي تؤثّر في الإلكترون تكون داخلة في الصفحة، باتّجاه $(-z)$ بعيدًا عن الناظر (لأنّ الشحنة سالبة). تكون القوّة بهذا المقدار والاتّجاه عند النقطة (a) فقط؛ لأنّ المجال متغيّر في مقداره واتّجاهه عند النقاط الأخرى. ألاحظ أنّ إشارة الشحنة تستخدم لتحديد اتجاه القوة، وليس في حساب مقدار القوة.

سؤال يتحرّك جُسيمٌ شحنته $(5\times10^{-6}\text{C})$ في المستوى (x,y) داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ منتظم، بسرعة (v) باتّجاهٍ يصنعُ زاوية $(\theta = 53°)$ مع محور $(+x)$ ، كما في الشكل مُعتمدًا على بيانات الشكل: أحسب مقدارَ القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر في الجُسيم، وأُحدّد اتّجاهها.



$$F_B = qvB \sin\theta$$

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

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

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

بتطبيق قاعدة اليد اليُمنى؛ بوضع الإبهام باتّجاه السرعة(v) ، وباقي الأصابع باتّجاه المجال .$(+x)$ أجدُ أنّ اتّجاه القوّة التي تؤثّر في الشحنة تكون داخلةً في الصفحة، باتّجاه $(-z)$ بعيدًا عن الناظر)لأنّ الشحنة موجبة.)

ورقة عمل

سؤال 1 جسيم شحنته (-4mc) يتحرك بسرعة ($1\times10_6 m/s$) نحو الشمال في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (4T) باتجاه الشرق . اذا علمت أن كتلة الجسيم ($16\times10^{-14}Kg$) احسب كل من :

1. مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم المشحون .
2. نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم المشحون .
3. التسارع المركزي للجسيم المشحون .

سؤال 2 استُخدمَ مطياف الكتلة لفصل خام اليورانيوم إلى ذرات اليورانيوم (235) واليورانيوم (238)؛ تمّ تأيينُ الذرّات فأصبحت شحنةُ كلِّ أيونٍ منها (1.6×10^{-19} C)، ثمّ قُذفَت جميعُها داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظم (1.2 T) بسرعة (4.0×10^4 m/s)، عموديّةٍ عليه ($\theta = 90°$). إذا كان نصف قطر مسار أحدهما (8.177 cm)، والثاني (8.281 cm)؛ أحسبُ كُلًّا من: أ) الشحنة النوعية لأيون كُلِّ ذرّة.

ب) كتلةُ كُلِّ أيون.

سؤال 3 قُذف بروتونٍ بسرعةٍ ابتدائيةٍ ($4.7\times10^6 m/s$)داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ منتظم (0.35 T)؛ بحيث تتعامدُ سرعة البروتون مع المجال، فسلك مسارًا دائريًّا. إذا علمتُ أنّ شحنة البروتون($1.6\times10^{-19}C$)كتلته تساوي($1.67\times10^{-27}Kg$)، أحسبُ نصف قطر المسار الدائريّ للبروتون.

إجابات ورقة العمل

إجابه السؤال1

(1) $F_B = q\,V\,B\sin\theta = 4\times10^{-6}(1\times10^{6})(4)(1) = 16\,N$, $+Z$ (•) — (- +y +x 90)

(2) $F_B = F_c = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv^2}{F_B} = \frac{16\times10^{-14}(1\times10^{6})^2}{16} = 1\times10^{-2}\,m$

Or $r = \frac{mv}{qB} = \frac{16\times10^{-14}(1\times10^{6})}{(4\times10^{-6})(4)} = 1\times10^{-2}\,m$

(3) $F_B = F_c = ma_c \Rightarrow a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{16}{16\times10^{-14}} = 1\times10^{14}\,m/s$

Or $a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{(1\times10^{6})^2}{1\times10^{-2}} = 1\times10^{14}\,m/s$

إجابه السؤال 2

أ) الشحنة النوعية لكلا الأيونين:

$$\frac{q}{m_1} = \frac{v}{Br_1} = \frac{4\times10^{4}}{1.2\times8.177\times10^{-2}} = 407647\ C/kg$$

$$\frac{q}{m_2} = \frac{v}{Br_2} = \frac{4\times10^{4}}{1.2\times8.281\times10^{-2}} = 402528\ C/kg$$

ب) لحساب كتلة كل أيون؛ نستخدم العلاقة:

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

$$\frac{1.6\times10^{-19}}{m_1} = 407647 \Rightarrow m_1 = 3.925\times10^{-25}\,kg$$

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

$$\frac{1.6\times10^{-19}}{m_2} = 402528 \Rightarrow m_2 = 3.975\times10^{-25}\,kg$$

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

إجابة السؤال 3

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

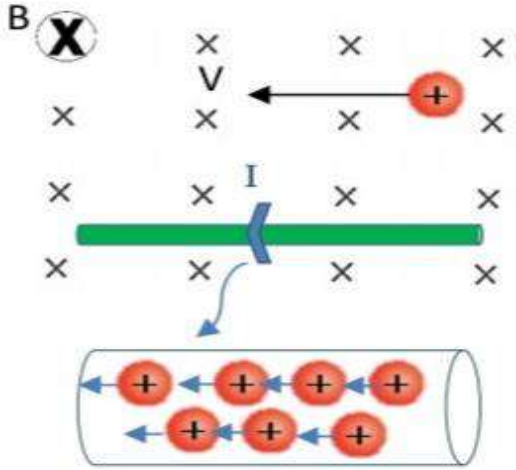
$$r = \frac{1.67\times10^{-27}\times4.7\times10^{6}}{1.6\times10^{-19}\times0.35} = 1.4\times10^{-1}\,m$$

المعلم: عبد الفتاح أبو الحاج 0780799072

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 اصطلاحا (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.

F_B

مقداراً

$F_B = IBL\sin\theta$

التيار الكهربائي ← I

طول الموصل المغمور ← L

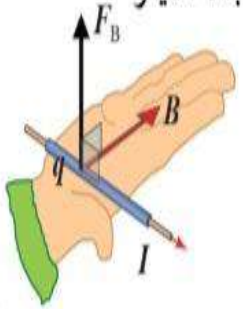
B

حيث اتجاه L هو اتجاه I نفسه

اتجاهاً

قاعدة اليد اليمنى بدل الابهام يأخذ V اتجاه السرعة

رح يأخذ متجه الطول اللي هو اتجاه التيار



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

من القانون $F_B = IBL\sin\theta$

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 سريان 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:

١) في وحدة الأطوال ..... سؤال صريح؟

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

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

قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم:

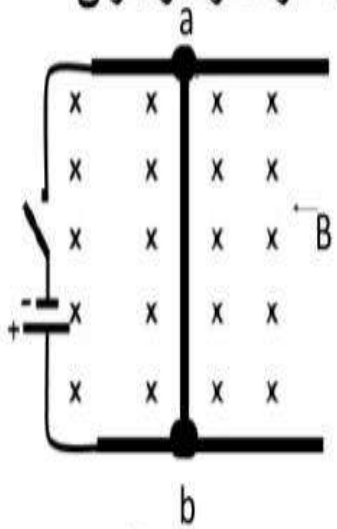
$$\frac{F_B}{L} = I\frac{L}{L}B\sin\theta \qquad \frac{F_B}{L} = IB\sin\theta = \text{رقم (N/m)} \text{ نصيب المتر الواحد}$$

المعلم: عبد الفتاح أبو الحاج 0780799072

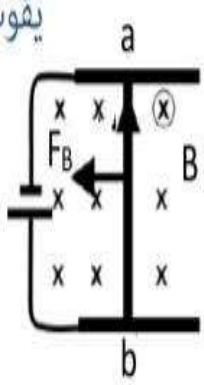
سؤال

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

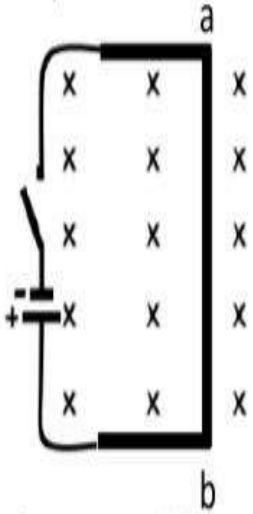
أولا: حرة الحركة والانزلاق



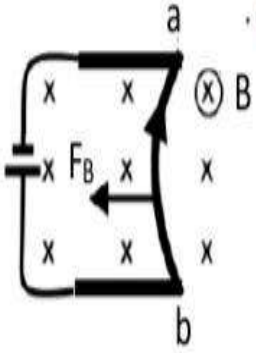
أولاً : بعد غلق المفتاح يخطط التيار الاصطلاحي في الموصل فيكون من a b نحو +y و نطبق قاعدة اليد اليمنى فيتحرك إزاحة (ΔX) نحو س حيث $F_B = ILBsin90$ (يتحرك إزاحة لليسار)لأنه الموصل قابل للحركة.



ثانيا: غير قابل للحركة (مثبت)



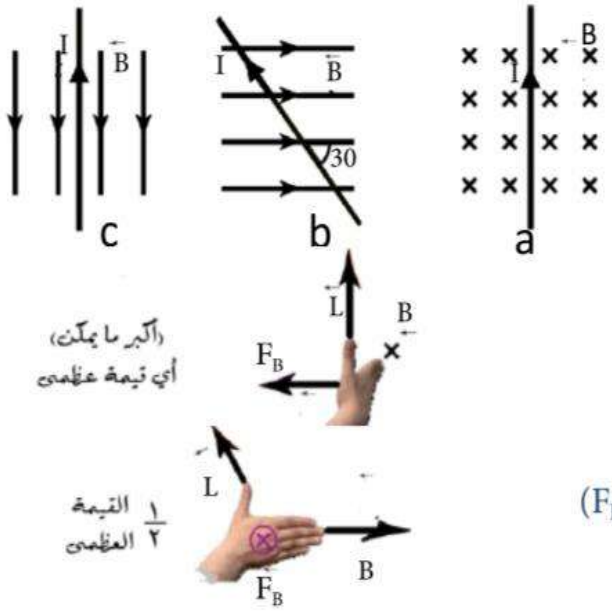
ثانياً: بعد غلق المفتاح يخطط التيار الاصطلاحي في الموصل فيكون من b a نحو +y و نطبق قاعدة اليد اليمنى فينحني الموصل نحو اليسار كما في الشكل ينحني و يقوس لأنه غير قابل للحركة .



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 :

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



الحل :

$(F_B)_a = ILB\sin 90 = 2\times(20\times10^{-2})\times(4\times10^{-1})\times1$

$= (16\times10^{-2}\ N\ , -X)$

$(F_B)_b = ILB\sin 150 = 2\times(20\times10^{-2})\times(4\times10^{-1})\times\frac{1}{2}$

$= (8\times10^{-2}N\ , -Z\ (X))$

و تعتبر قيمة صغرى $(F_B)_c = ILB\sin 180 = 0$ (F_B تنعدم)

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

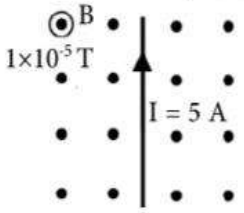
أ) أكبر ما يمكن ب) أقل ما يمكن (صفرا) ج) نصف قيمتها العظمى

أ) (قيمة عظمى) عندما $\theta = 90$ بين B و L (اتجاه I) حسب القانون $F_B = ILB\sin\theta$

ب) (تنعدم) عندما $\theta = 0, 180$ بين B و L

ج) عندما $\theta = 30, 150$ بين B و L

مثال بالاعتماد على البيانات المثبته على الشكل أحسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك ؟



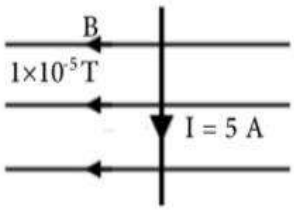
الحل :

$\frac{F_B}{L} = I\frac{L}{L}B\sin 90 = 5\times(1\times10^{-5}) = (5\times10^{-5}N/m\ , +X)$

OR $F_B = ILB\sin 90 = 5\times1(1\times10^{-5})\times1 = (5\times10^{-5}\ N, +X)$

لكل 1m

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



الحل :

$$\frac{F_B}{L} = I\frac{L}{L} = B\sin 90 = 5\times(1\times10^{-5})\times1 = (5\times10^{-5}\text{N/m}, -Z\otimes)$$

OR $F_B = ILB\sin90 = 5\times1(1\times10^{-5})\times1 = (5\times10^{-5}\text{ N}, -Z)$

لكل 1m

مثال أحسبُ مقدار مجالٍ مغناطيسيٍّ يؤثر بقوةٍ (75 mN) في سلكٍ طولهُ (5 cm): يحملُ تيارًا كهربائيًّا (3 A) ويصنع زاوية (90 °) مع المجال المغناطيسيّ.

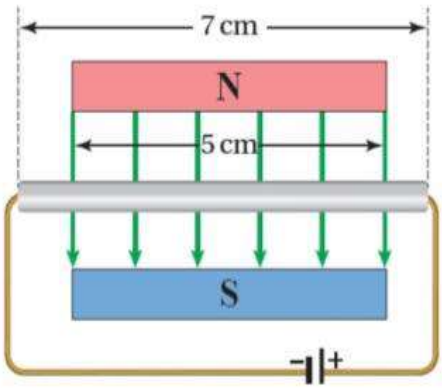
الحل :

$$B = \frac{F_B}{IL\sin\theta} = \frac{75\times10^{-3}}{3\times5\times10^{-2}\times1} = 0.5\text{ T}$$

مثال يبيّنُ الشكلُ سلك ألمنيوم طولهُ (7 cm) يحمل تيّارًا (5.2 A)؛ جزءٌ منه داخل مجال مغناطيسيّ (250 mT) وعموديٌّ عليه. معتمدًا على بيانات الشكل؛ أجد ما يأتي:

أ) اتّجاه القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في السلك.

ب) مقدار القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في السلك.



الحل:

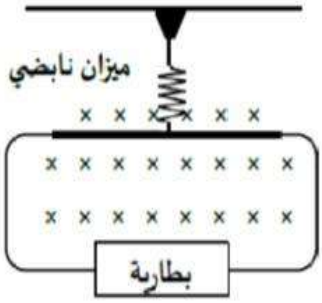
أ) باستخدام قاعدة اليد اليمنى: مُتّجه طول الموصل نحو اليسار $(-x)$، واتّجاه المجال المغناطيسيّ نحو الأسفل $(-y)$؛ بذلك يكون اتّجاه القوّة المغناطيسيّة خارجًا من الصفحة وعموديًّا عليها نحو الناظر $(+z)$.

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

$$F_B = IBL\sin\theta$$

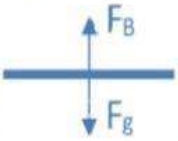
$$F_B = 5.2\times0.25\times5\times10^{-2}\times1 = 6.5\times10^{-2}\text{ N}$$

مثال (a,b) موصل مستقيم طوله (20cm) ، و مساحة مقطعه ($3\times10_{-8}m_2$) و مقاوميته ($4.5\times10^{-6}\Omega.m$) وصل في دارة مغلقة مع بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (ε) و علق في ميزان نابض فكانت قراءة الميزان (0.1N) و عندما غمر في مجال مغناطيسي منتظم (0.5T) بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور أصبحت قراءة الميزان النابض صفراً . احسب القوة الدافعة الكهربائية (ε)



الحل :

بما أن قراءة الميزان صفر فهذا يعني وجود F_B تساوي F_g و تعاكسها اتجاهاً لذلك F_B الغت F_g



$F_B = F_g$

$$R=\frac{\rho L}{A}=\frac{4.5\times10^{-6}(20\times10^{-2})}{3\times10^{-8}}=30\Omega$$

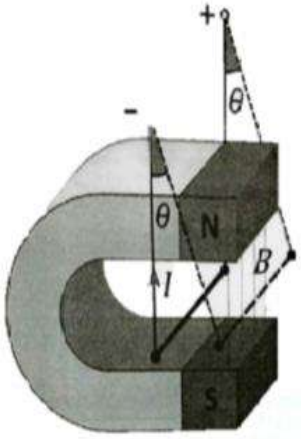
$$I=\frac{\varepsilon}{R} \qquad \varepsilon = IR = 1\times30 = 30\ V$$

$$ILBsin90 = 0.1$$

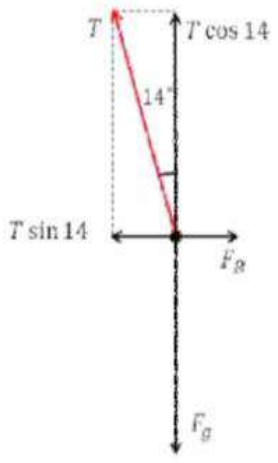
$$I(20\times10^{-2})5\times10^{-1}(1) = 0.1$$

$$I = 1A$$

مثال سلك طوله (5cm) و كتلته (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 ($\theta = 14°$) ما مقدار المجال المغناطيسي .



نرسم مخطط الجسم الحرّ للسلك أجد أنّ:



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

$$F_g = T\cos 14°\ , \qquad F_B = T\sin 14°$$

$$\frac{F_B}{F_g} = \tan 14°$$

$$F_B = (0.25)F_g = 0.25\times0.05\times10 = 0.125\ N$$

مقدار المجال المغناطيسي:

$$F_B = IBL\sin 90°$$

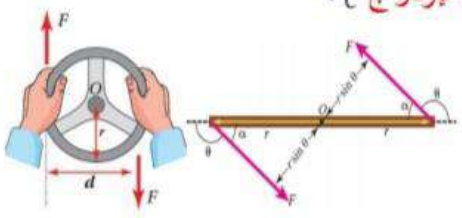
$$0.125 = 10\times0.05\,B \qquad B=\frac{0.125}{0.5}=0.25\ T$$

2 العزم المؤثر في حلقة تحمل تيار في مجال مغناطيسي منتظم

المقدمة

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

مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة و سمينا هذا المفهوم عزم الإزدواج τ_c



عزم الازدواج = احدى القوتين ×البعد العمودي بينهما

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

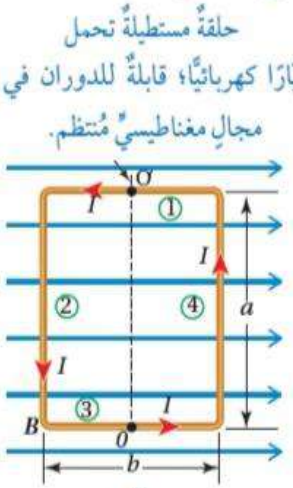
❖ **عند دمج قانون عزم الازدواج مع قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار في مجال مغناطيسي.**

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 $F_B = IBL\sin\theta$

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 :

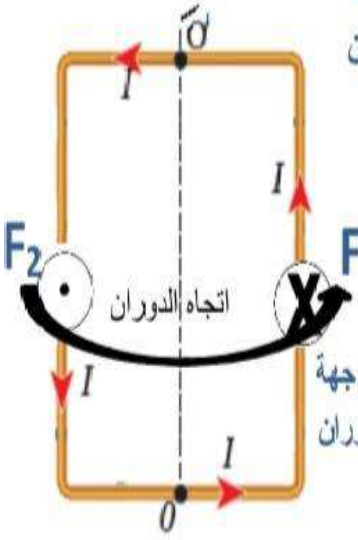


حلقةٌ مستطيلةٌ تحمل تيّارًا كهربائيًّا، قابلةٌ للدوران في مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظم.

منظر علويٌّ للحلقة، يبين أضلاعها الأربعة وخطوط المجال.

+x +x $F_3 = ILBSin\ 0 = 0$	-x +x $F_1 = I\ LBsin180 = 0$
+y +x $F_4 = ILB\ sin90$ $=ILB = IaB$ $L_4 = a$ عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه F_4 عمودي على الصفحة للداخل -Z ⊗	-y +x $F_2 = I\ LB\ sin90$ $=ILB = IaB$ $L_2 = a$ عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه F_2 عمودي على الصفحة للخارج +Z ⊙

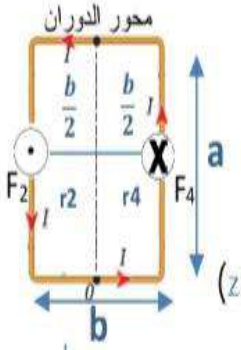
نلاحظ



عند النظر اليه من جهة الضلع 1 يكون الدوران عكس عقارب الساعة

عند النظر اليه من جهة الضلع3 يكون الدوران مع عقارب الساعة

- نلاحظ أن $(F_2 = F_4 = IBa)$ قوتان متساويتان مقداراً و تؤثران باتجاهين متعاكسين و خطا عملهما غير منطبقين لذلك تشكلان ازدواجا 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 ← $F \perp r$ ← على محور Z)



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

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

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

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

طريقة الكتاب $\boxed{\tau_{Max} = IAB}$

$\tau_c = \tau_{max} = Fd = IaB(b) = IAB$

البعد العمودي بين القوتين (d=b)

$I_{max} = IAB$

طريقة أخرى

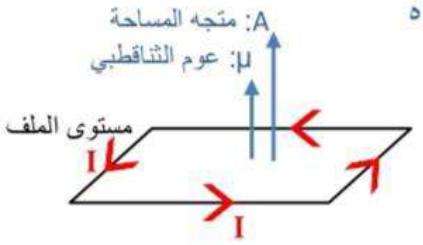
عزم الثناقطبي المغناطيسي (μ)

عزم الثناقطبي المغناطيسي (μ)

✔ الكمية (IA) تسمى عزم الثناقطبي المغناطيسي و يرمز له بالرمز (μ)

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

حيث تشير الاصابع الأربعة الى اتجاه التيار في الحلقة و يشير الابهام إلى اتجاه العزم الثناقطبي المغناطيسي .



✔ اتجاه عزم ثناقطبي المغناطيسي يكون باتجاه متجه المسافة (A) للحلقة (متجه عمودي على المساحة) .

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

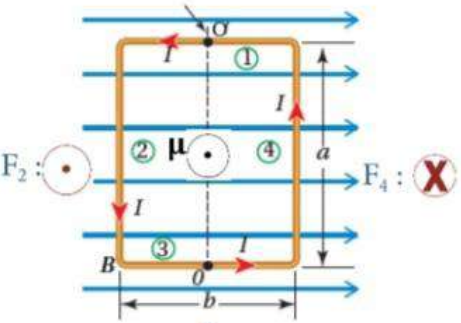
- لكن مقدار العزم يتناقص عن قيمته العظمى في أثناء دوران الحلقة نتيجة تغير الزاوية (θ) و يعطى بالعلاقة : $\tau = \mu B \sin\theta$
- حيث تقع (θ) بين اتجاه المجال المغناطيسي و متجه عزم الثناقطبي للحلقة (μ) او متجه المساحة (A)
- في حالة كان الملف يتكون من (N)لفة ، فإن العزم المؤثر فيه يعطى بالعلاقة :

$$\tau = \mu\, BN \sin\theta$$

يعتمد لحل المسائل و اظهار العوامل التي يعتمد عليها العزم

θ ← B
θ ← μ or A

منظر علوي ← توضيح ل اتجاه μ و اتجاه كل قوة F و اتجاه الدوران → منظر جانبي



منظر علويٌّ للحلقة، يبين أضلاعها الأربعة وخطوط المجال.

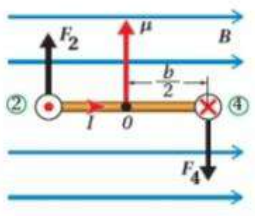
لف اصابعك مع التيار ابهامك عمودي على الصفحة للخارج اي :

μ : ⊙

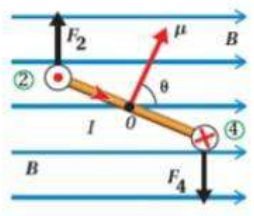
A: ⊙

كأنك بتطلع على الملف من الجانب التحت

⊙ و ⊗ اتجاه التيار



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



(جـ): منظرٌ جانبيٌّ للحلقة يبيّن الزاوية (θ) بين مُتّجهي المجال وعزم الثناقطبي المغناطيسيّ.

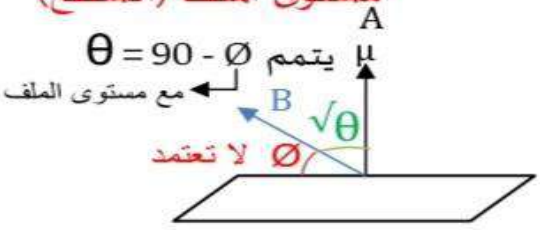
وصف الزاوية

وصف الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي و θ

اتجاه العزم الثناقطبي المغناطيسي أو متجه المساحة (العمودي) على مستوى الملف

نعتمد θ

مستوى الملف (السطح)



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***

للتذكير: يقاس عزم الازدواج (τ) بوحدة (N.m)

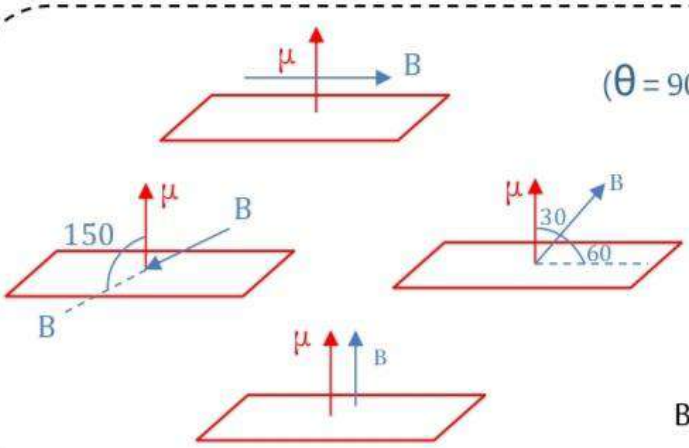
- يبلغ عزم الازدواج قيمته العظمى عندما ($\theta = 90$)

  مستوى الملف // B B ⊥ μ OR A

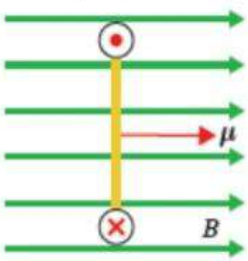
- يبلغ عزم الازدواج نصف قيمته العظمى عندما ($\theta = 30$) أو ($\theta = 150$)

- ينعدم عزم الازدواج عندما ($\theta = 0$)

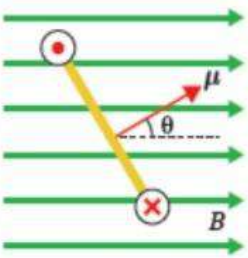
  مستوى الملف B ⊥ B // μ .RA



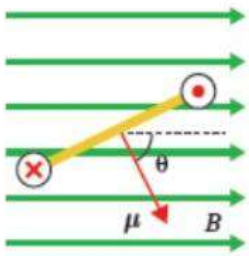
سؤال يبيّن الشكلُ مشاهد لمقطعٍ جانبيٍّ تظهرُ فيه الحافّة القريبةُ من الناظر لحلقةٍ تحملُ تيّارًا كهربائيًّا، موضوعةٍ في مجالٍ مغناطيسيٍّ أفقيّ. أقارنُ بين عزم الدوران الذي تتأثّرُ فيه كلُّ حلقة واتّجاه دورانها.



لا يوجد عزم دوران بين B و μ



يكون العزم قليلا ، لأن الزاوية بين Bوμ صغيرة و يكون مع اتجاه عقارب الساعة



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

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) و قابل للدوران حول محور ينطبق على مستواه اذا علمت ان النهاية العظمى لعزم الازدواج المؤثر في الملف هي (121×10^{-4}N.m) عند غمره في مجال مغناطيسي منتظم احسب شدة هذا المجال.

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

$$A=\pi r^2 = \frac{22}{7}(11\times10^{-2})^2 = \frac{22}{7}\times121\times10^{-4}m^2$$

$$\tau = IBNA\sin90 \qquad 121\times10^{-4}= \frac{7}{10}B\,(10)\frac{22}{7}\times121\times10^{-4} \qquad B=\frac{1}{22}\text{ Tesla}$$

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 الأولى:

$$\tau_1 = I(\frac{L^2}{16})(1)\,B\sin\theta$$

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

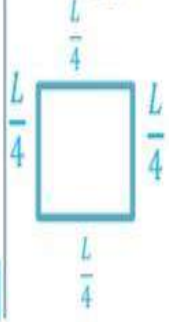
$$\tau_1 > \tau_2$$

الحالة الأولى :

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

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

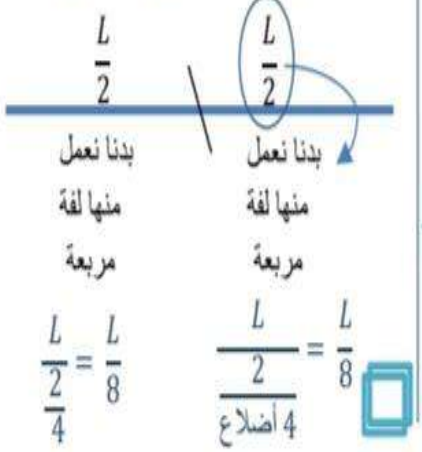
$$A=\frac{L^2}{16} \qquad N=1$$



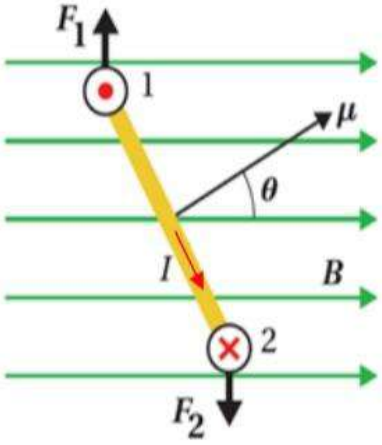
الحالة الثانية:

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

$$A=(\frac{L}{8})^2 = \frac{L^2}{64} \qquad N=\frac{L^2}{2}$$



مثال حلقةٌ مستطيلة الشكل مساحتها (8 cm × cm) يسري فيها تيار (12 A) ملقاةٌ داخل مجالٍ مغناطيسيٍ مُنتظم (600 mT). والزاوية بين المجال ومُتّجه عزم الثناقطبيّ($\theta = 30°$) ، كما يبيّن أحسب العزم الذي يؤثّر به المجال المغناطيسيّ في الحلقة. وأحدّدُ اتّجاه الدوران.



الحلّ:

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

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

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

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

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

باستخدام قاعدة اليد اليمنى؛ أحدّد اتّجاه القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في الضلع 1؛ حيثُ أنّ المجالَ باتّجاه $(+x)$، والتيار باتّجاه $(+z)$، فتكون القوّة باتّجاه $(+y)$، وتكون القوّة المؤثّرة في الضلع 2 باتّجاه $(-y)$، وبذلك يكون دوران الحلقة مع اتّجاه 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 (4×10^{-4} N.m) احسب طول السلك (L) .**

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

$$T = IBNA\sin\theta \Rightarrow 4\times10^{-4} = 10\ (\frac{2}{10})\ (2)\ A(1) \Rightarrow A = 1\times10^{-4}\ \text{m}^2$$

$$A = (\frac{L}{8})^2 \Rightarrow 1\times10^{-4} = \frac{L^2}{64} \Rightarrow L^2 = 64\times10^{-4} \Rightarrow L = 8\times10^{-2}\ \text{m}$$

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

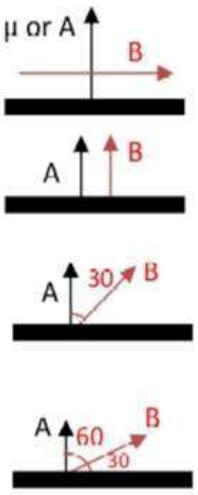
1)عندما يكون مستوى الملف موازياً لخطوط المجال .

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° .

$A = 2\times10^{-3}\times 3\times10^{-2} = 6\times10^{-4}m^2$



1) $T = IBNAsin90$

$= 10(20\times10^{-3})(50)(6\times10^{-4})(1) = 6\times10^{-3}N.m$

2)$T=IBNAsin0 = 0$

3)$T=IBNAsin30$

$T= 10(20\times10^{-3})(50)(6\times10^{-4})\frac{1}{2} = 3\times10^{-3}N.m$

4)$T=IBNAsin60 = 6\times10^{-3}(\frac{\sqrt{3}}{2})$

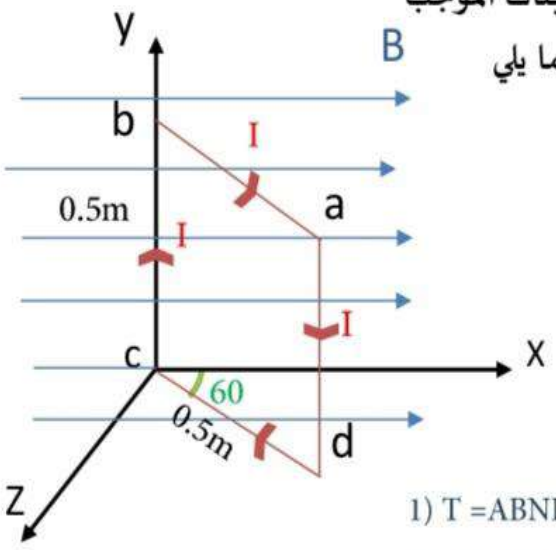
$= 3\sqrt{3}\times10^{-3}N.m$

مثال يمثل الشكل سلكا على شكل مربع مكون من (20) لفة و يحمل 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

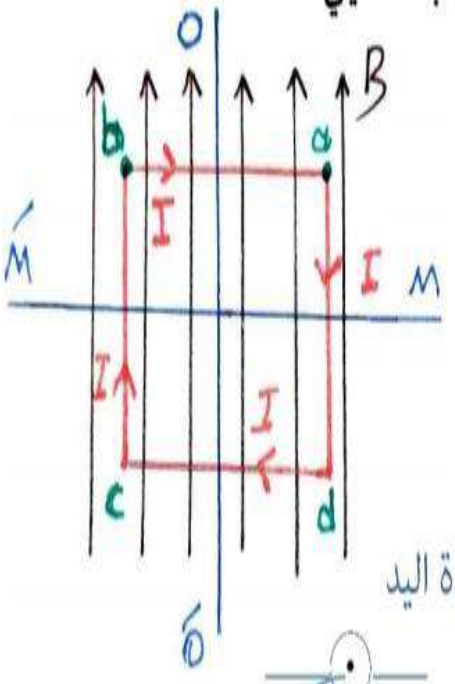
$\theta = 90 - 60 = 30$

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

1) $T = ABNIsin\theta = \frac{1}{4}(4)(20)10(\frac{1}{2}) = 100N.m$

2) 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 :



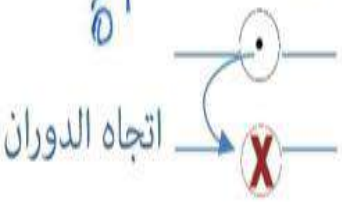
1) حدد محور دوران (M′ , M) أم (O′, O)

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

3) جد مقدار عزم الازدواج المؤثر في الملف

4) جد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الضلع (ab)

سيتأثر فقط الضلعان (ab) و (cd) بالقوة المغناطيسية لذلك بنطبق قاعدة اليد اليمنى ⊙ : F_{ab} و ⊗ : F_{cd} و عند النظر اليه من الشرق يكون اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة حول المحور (M′ ,M)



$$\text{طول الضلع} = \frac{\text{الكلي الطول}}{4\times \text{عدد اللفات}}$$

$$= \frac{L^{\text{الكلي}}}{4N} = \frac{64\times10^{-2}}{4(4)}$$

$$= 4\times10^{-2}\ \text{m}$$

$$A = (4\times10^{-2})^2 = 16\times10^{-4}\ \text{m}^2$$

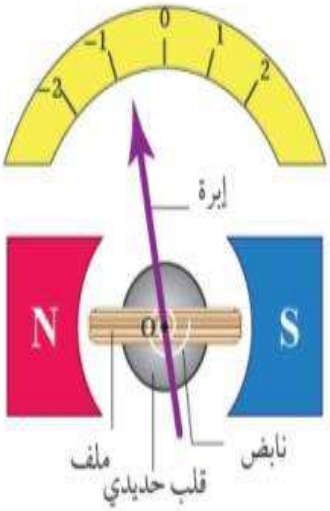
3) $T = IBNA\sin\theta$ $\quad T = \frac{1}{4}(\frac{1}{2})(4)\ 16\times10^{-4}(1) = 8\times10^{-4}\ \text{N.m}$

4) $F_B = ILB\sin\theta$ (+X +y 90) $= \frac{1}{4}(4\times10^{-2})\ (\frac{1}{2})\ (1) = \frac{1}{2}\times 10^{-2}\ \text{N}$ ⊙

$=5\times10^{-3}\ \text{N}$ ⊙ +Z

طول الضلع مش تعوض الطول كله

3 تطبيقات تكنولوجية



التطبيق الأول: الغلفانوميتر

الغلفانوميتر Galvanometer

الغلفانوميتر أداةٌ تستخدم للكشف عن التيار الكهربائيّ وقياسه، صنع قبل 200 سنة تقريباً، ثم تطوّرت صناعته. النوع المُستخدَم منه الآن يسمى الغلفانومتر ذو الملف المُتحرك الذي يمكنه قياس تيارات صغيرة جدًّا .(μA) يعتمد في عمله على العزم الذي يؤثّر به المجال المغناطيسي المنتظم في ملفٍّ قابلٍ للدوران عندمرور تيار كهربائي فيه.

أجزاء الغلفانوميتر ووظائفها:

- قطبا مغناطيس متقابلان بينهما مجال مغناطيسيّ: يؤثّر بقوّةٍ مغناطيسيّة في الملف عند سريان تيار كهربائيّ فيه، كما في الشكل
- ملفٌّ مستطيلٌ من سلكٍ نُحاسيٍّ رفيعٍ معزولٍ مغمورٍ في المجال المغناطيسيّ.

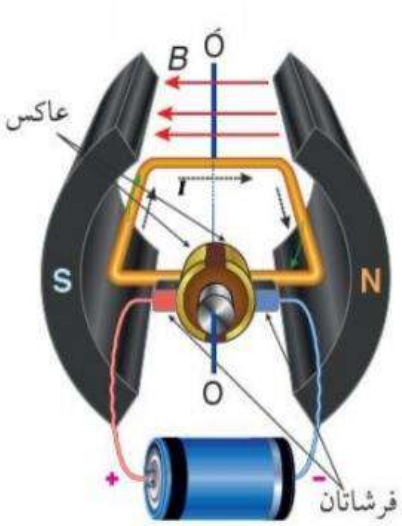
عند مرور تيارٍ كهربائيٍّ في الملف يتأثّر بعزم ازدواجٍ فيدور حول محورٍ يمرُّ بالنقطة (O) وعموديٌّ على الصفحة، وتدور معه إبرةٌ تشيرُ إلى تدريجٍ مُعيّنٍ يتناسب مع قيمة التيار.

- قلبٌ حديديٌّ داخل الملف وظيفتهُ تركيزُ المجال المغناطيسيّ في الملفّ؛ لأن الحديد مادّة مغناطيسية تسمح بنفاذية عالية لخطوط المجال المغناطيسي (سأتعرّف ذلك في الدرس الثاني.)
- نابضٌ حلزونيٌّ مثبّتٌ في أحد طرفي المحور. وظيفته إرجاع الملفِّ إلى وضع الصفر بعد توقُّف مرور التيار الكهربائيّ فيه.

التطبيق الثاني: المحرك الكهربائي

المحرك الكهربائيّ Electric Motor

جهازٌ يحوّل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة حركيّة، يُستخدَم في كثيرٍ من التطبيقات؛ مثل السيارة الكهربائيّة. يتكوّن المحرّك الكهربائيّ كما يبين الشكلُ من الأجزاء الرئيسة الآتية:



- قطبا مغناطيس متقابلان يولّدان مجالً مغناطيسيًّا.
- ملفٌّ من سلكٍ نُحاسيّ معزولٍ ومغمورٍ في مجالٍ مغناطيسيّ يؤدي إلى دورانه حول محور (OO') نتيجة تأثُّره بعزمٍ عند مرور تيار كهربائيّ فيه نتيجةً للقوّة المغناطيسيّة المؤثّرة فيه.
- العاكس: وهو نصفا أسطوانةٍ موصلة، يتّصل كُلُّ نصفٍ بأحد طرفي الملفّ، وظيفتهُ توصيل التيار الكهربائيّ إلى الملف وعكس اتّجاهه كل نصف دورة.
- فرشاتان من الكربون تُلامسان العاكس وتتّصلان بمصدر التيار، فتنقُلانه إلى العاكس، وعند دوران الملفّ يحدُث تبديلٌ في تلامُس إحدى الفرشاتين مع أحدِ نصفي العاكس كُلَّ نصفِ دورةٍ، فينعكسُ اتّجاه التيار الكهربائيّ في الملفّ وتنعكس القُوى المغناطيسيّة المؤثّرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد. تعتمد سرعة دوران المُحرّك الكهربائيّ على العزم الذي تُولّدهُ القوّة المغناطيسيّة على الملف.

الربط مع الفضاء

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

أسئلة مراجعة الدرس الأول

السؤال 1 أعرّفُ المجالَ المغناطيسيّ عند نقطة، وأذكر وحدة قياسه في النظام الدوليِّ للوحدات. ثم أُعدّدُ خصائص خطوط المجال المغناطيسيّ.

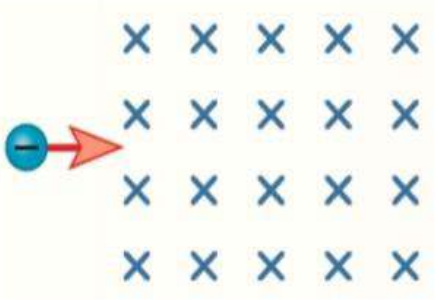
المجال المغناطيسي: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة عندما تتحرك بسرعة (1m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، لحظة مرورها في تلك النقطة. ويقاس بوحدة تسلا (T) وفق النظام الدولي للوحدات.

خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

- خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبيّ ، تكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
- اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند ك لّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.

يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها.

السؤال 2 يتحرّك إلكترونٌ باتّجاه محور ($+x$) فيدخل مجالٌ مغناطيسيًّا مُنتظمًا اتّجاهه مع محور ($-z$) كما في الشكل.



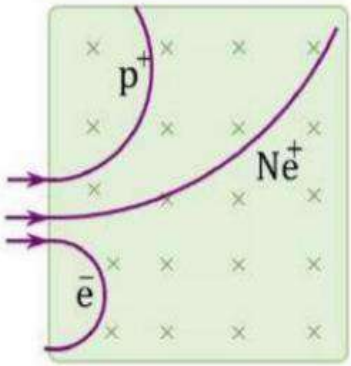
أستنتجُ اتّجاه القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها المجال في الإلكترون لحظة دخوله منطقة المجال، ثم أبيّن إن كانت هذه القوّة ستحافظ على اتّجاهها بعد أن يُغيّر الإلكترون موقعه، أم لا. وأفسّرُ إجابتي.

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 اوالمجال.

السؤال 3 معتمدًا على العلاقة الرياضية التي أستخدمها في حساب مقدار القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها مجالٌ مغناطيسيٌّ في شحنةٍ مُتحرّكةٍ فيه: أستنتجُ العوامل التي يعتمد عليها مقدارُ القوّة وأبيّنُ نوع العلاقة.

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

السؤال 4 ثلاث جُسيمات مشحونة: إلكترون، وبروتون، وأيون صوديوم(Na^+) : دخلت منطقةَ مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ في جهاز مطياف الكتلة بالسرعة نفسها. كيف أُميّز كل جُسيم منها عن طريق اتّجاه الانحراف ونص قُطر المسار؟ أوضّحُ إجابتي بالرسم.



الجسيمات الثلاثة متساوية في الشحنة والسرعة، لذلك تتأثر بقوى متساوية، الإلكترون سالب الشحنة فينحرف)حسب اتجاه السرعة والمجال المبين 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، وأفسّرُ إجابتي:

أ . هل يمكنُ لمجالٍ مغناطيسيٍّ أن يجعل إلكترونًا يبدأ حركته من السكون؟

ب. هل ينحرف النيوترون عندما يتحرّكُ داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ عموديٍّ 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 عموديّ عليه، لأنه غير مشحون، والقوة المغناطيسية تؤثر في الأجسام المشحونة.

السؤال 6 يتحرّك بروتونٌ بسرعة ($4\times10^6 m/s$) في مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ مقدارهُ (1.7T) فيتأثّرُ بقوّةٍ مغناطيسيّةٍ ($8.2\times10^{-13}N$) أجدُ قياس الزاوية بين مُتّجهي سرعة البروتون وخطوط المجال المغناطيسيّ.

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

$$\sin\theta = \frac{8.2\times10^{-13}\ N}{1.6\times10^{-19}\times4\times10^6\times1.7} = 0.75$$

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

السؤال 7 معتمدًا على العلاقة الرياضية للعزم المؤثّر في ملفٍّ داخل مجالٍ مغناطيسيّ؛ أستنتجُ العوامل التي تعتمد عليها سرعة دوران المحرك الكهربائيّ.

معتمدًا على العلاقة : $\tau = IAB\sin\theta$ أجد أن عزم الدوران يتناسب طرديًا مع كل من التيارالكهربائي 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 :

لاحظتُ في الدرس السابق أنّ المجال المغناطيسيّ ينشأُ حول مغناطيسٍ دائم، لكنّ الاستخدام العمليّ والتطبيقات التكنولوجيّة في الغالب تعتمد على المغناطيس الكهربائيّ؛ إذ يمكنُ توليد مجالٍ مغناطيسيٍّ بتمرير تيّارٍ كهربائيٍّ في مُوصل.

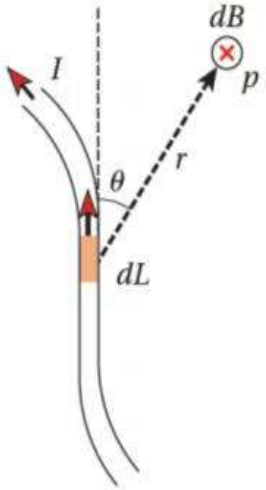
المجال المغناطيسيّ الناشئ عن موصلٍ يحملُ تيّارا كهربائيًا:

Magnetic Field of a Current Carrying Conductor

أعلمُ أنّ الشحنةَ الكهربائيّة تُولّد حولَها مجالاً كهربائيًّا؛ سواءً أكانت ساكنةً أم متحركة. إضافةً إلى ذلك؛ فإنّ شحنةً كهربائيّةً مُتحرّكةً تُولّد حولَها مجالً مغناطيسيًّا. هذا ما لاحظه العالم الدنماركي أورستد، عندما وضع بوصلة بالقرب من سلكٍ يمرُّ فيه تيّارٌ كهربائيٌّ؛ فانحرفت إبرة البوصلة.

جان بيو J.Biot وفيليكس سافار F.Savart ؛ عالمان فرنسيّان تابعا أبحاثهما في الموضوع نفسه، إلى أن توصّلا تجريبيًّا إلى علاقةٍ رياضيةٍ لحساب المجال المغناطيسيّ الذي يولّده موصلٌ يحملُ تيّارًا كهربائيًّا، عُرفت العلاقة بقانون بيو-سافار

سؤال تمثل الصورة الرياضية الاتية $dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{IdLsin\theta}{r^2}$ تعبيراً رياضياً في المغناطيسية



أجب عمل يلي : (أنظر الشكل)

1)ما اسم القانون الذي تعبرعنه هذه الصورة . و في 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 (dL و r) .

5) اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار و اتجاه 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_o: ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) ، و قيمته ($4\pi\times10^{-7}$ T.m/A)

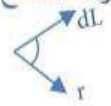
يعبر مقدار النفاذية المغناطيسية عن قابلية الوسط لتدفق خطوط المجال المغناطيسي خلاله حيث تكون اقل نفاذية للفراغ و أكبرها للحديد و المواد المغناطيسية الأخرى

يعني $\mu_{حديد} > \mu_{هواء}$

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 للداخل ✗ و dL و r منطبقين على الصفحة .

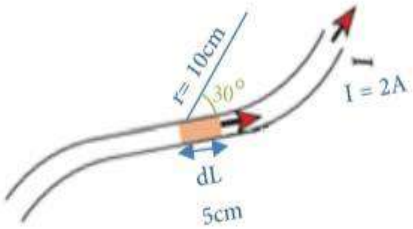
5) 1. النفاذية المغناطيسية للوسط (μ)
2. مقدار التيار الكهربائي المار في الموصل (I)
3. طول المقطع المؤثر في الموصل (dL)
4. مربع المسافة بين النقطة و المقطع (r^2)
5. جيب الزاوية بين متجه طول المقطع (dL) و متجه بعد النقطة (r) ($\sin\theta$)



سؤال في الشكل المجاور جد مقدار المجال المغناطيسي(dB) عند النقطة (P) و الناشيء عن مرور تيار كهربائي (I) في جزء من الموصل (dL) علماً بأن $\mu_o = 4\pi\times10^{-7}$ T.m/A

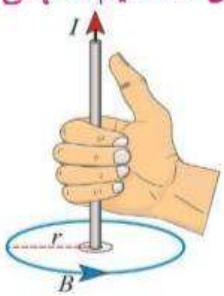
$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{IdL\sin\theta}{r^2} \qquad \sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$= \frac{4\pi\times10^{-7}}{4\pi}\times\frac{2(5\times10^{-2})(\frac{1}{2})}{(10\times10^{-2})^2} = 5\times10^{-7}\ \text{T}$$



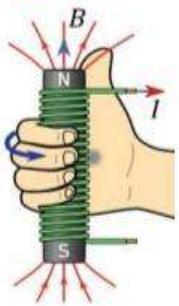
Note حساب مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي (I) في

1) موصل مستقيم لا نهائي الطول



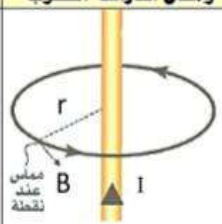
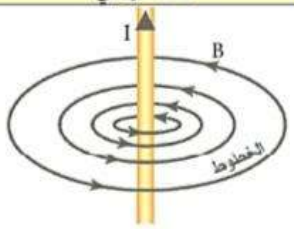
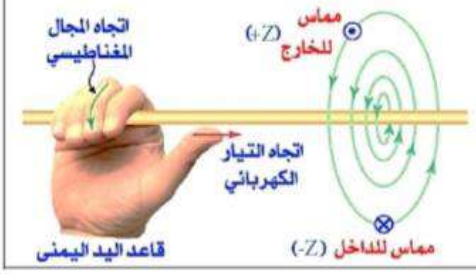
2)ملف دائري

3) ملف لولبي

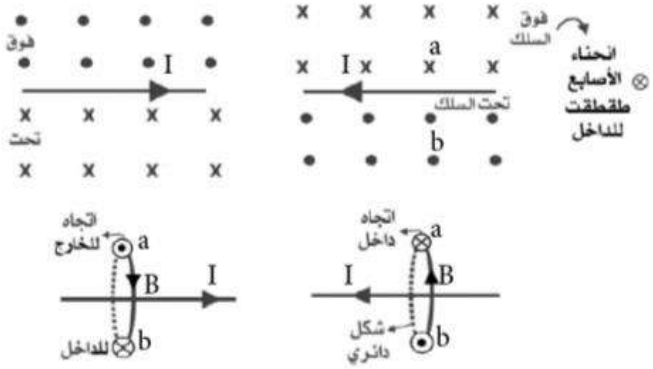


أولا

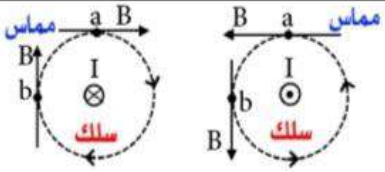
المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل مستقيم طويل

مصدر المجال المغناطيسي ومكان الدراسة المطلوب	وصف شكل خطوط المجال المغناطيسي	حساب مقدار المجال المغناطيسي (القانون)	تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة باستخدام قاعدة اليد اليمنى (القبضة)
		$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$	- السلك يمر فيه تيار واحد لذلك نحتاج اصبع واحد له وهو الإبهام حيث:
يحسب المجال المغناطيسي عند أي نقطة حول الموصل وتبعد عنه مسافة (r)	- على شكل دوائر متحدة في المركز الذي يقع عند نقطة على محور السلك. - ويكون مستوى الدوائر عموديًا على الموصل	موصل مستقيم (مطعم تونتجي على الدوار) ($2\pi r$) محيط الدائرة. • يستخدم لحساب كل من: ١. (r , I , B) ٢. إظهار العوامل التي يعتمد عليها (B). موصل مستقيم	أولًا: يشير الإبهام إلى اتجاه التيار (I). ثانيًا: تشير بقية الأصابع بوضع القبضة إلى اتجاه المجال (المماس) 

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

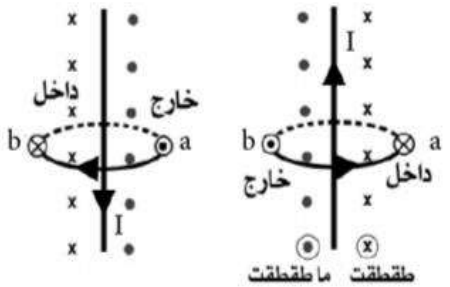


١. طقطقت ⊗
٢. ما طقطقت ⊙
٣. مجلس ⊗ مع عقارب الساعة.
٤. نمرود ⊙ عكس عقارب الساعة



ملاحظة

المجال المغناطيسي عند نقطة تقع على:
١) سلك مستقيم طويل
٢) سلك اطلف الدائري
٣) سلك اطلف اللولبي
(يساوي صفرًا)

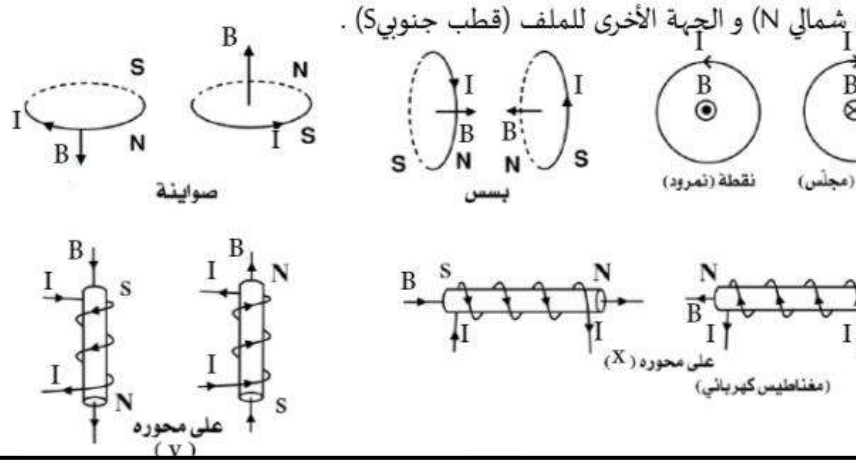


ثانيا المجال المغناطيسي الناشئ عن الملفات (الملف الدائري و الملف اللولبي)

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 و اتجاه المجال لأنه مجال منتظم و على شكل خط مستقيم .	يكون المجال في مركز الملف عمودياً على مستوى الملف و يمكن تمثيله بخط مستقيم بينما تنحني الخطوط و يزداد انحناؤها كلما ابتعدنا عن المركز.	$B=\frac{\mu_o IN}{2R}$ - يستخدم لحساب كل من : 1. (R, I , B) 2. اظهار العوامل ($B_{دائري}$)	الملف له لفات و بالتالي تيارات لذلك نحتاج الأصبع للتيار (بعكس الموصل المستقيم) أولاً: توضع الأصابع الأربعة باتجاه تيار الملف. ثانيا : يشير الإبهام إلى اتجاه المجال في مركز الملف و هو اتجاه المماس .
ملف لولبي يطلب حساب و مقدار و اتجاه المجال فقط داخل الملف و بعيداً عن الأطراف لأنه في الداخل منتظم، عندما تكون حلقات الملف اللولبي متراصة 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 انحنائات	$B=\frac{\mu_o IN}{L}$ لكن $n=\frac{N}{L}$ (لفة /م) $B = \mu_o In$	الملف له لفات و بالتالي تيارات لذلك الأصابع للتيار (نفس الملف الدائري) أولاً: توضع الأصابع الأربعة باتجاه تيار الملف. ثانياً : يشير الابهام الى اتجاه المجال (اتجاه المماس)

سؤال حدد اتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملفات التالية:

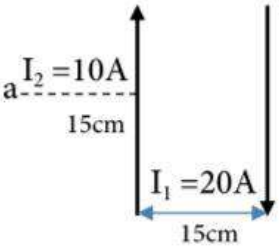
يعتبر الملف الدائري و الملف اللولبي مغناطيس كهربائي عند مرور التيار فيه و تحدد أقطابه باستخدام قبضة اليد اليمنى حيث في جميع الملفات هنا يكون دائما الإبهام (قطب شمالي N) و الجهة الأخرى للملف (قطب جنوبي S) .



أمثلة متنوعة على المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

مثال

سلكان متوازيان مستقيمان يقعان في مستوى الصفحة ، يحملان تياران متعاكسان في اتجاه ، بالاعتماد على البيانات المثبته على الشكل احسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (a) .



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

a

نحو ✗ $B_1 = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(20)}{2\pi(30\times10^{-2})} = \frac{4}{3}\times10^{-5}\ T$

نحو ⊙ $B_2 = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(10)}{2\pi(15\times10^{-2})} = \frac{4}{3}\times10^{-5}\ T$

$B_a = B_1 - B_2 = 0$ (نقطة انعدام)

نقطة التعادل

هي النقطة التي تساوي محصلة المجالات المغناطيسية عندها صفرًا حيث مجالات متساوية مقدارًا [$B_2 = B_1$] ومتعاكسة اتجاهًا

أي مجهد — أي مجهد

لإشاد عندما يكون سلكان متوازيان فإن نقطة التعادل تحدد على النحو التالي :

الحالة الأولى : تياران في الاتجاه نفسه (صحاب)

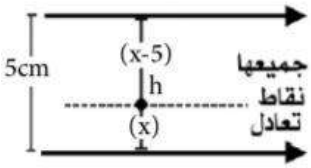
- تقع نقطة التعادل بتنهما و أقرب إلى السلك الذي يحمل تيار كهربائي أقل مقداراً .
- إذا كان مقدارا التيارين متساويين فإن نقطة التعادل تقع في منتصف المسافة بينهما .

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 المجاور حدد موضع نقطة انعدام المجال المغناطيسي:



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

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

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

$60 - 12x = 18\ x$

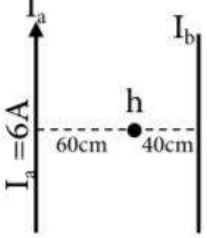
X = 2cm عن I_1 و x 3cm عن I_2

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(هـ) صفراً وحدد اتجاهه .



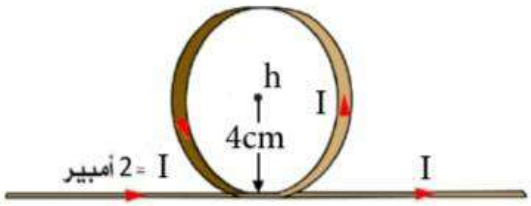
حتى يكون المجال المغناطيسي عند (h) يساوي صفراً لا بد أن يكون $B_{ah} = B_{bh}$

$$\frac{\mu_o I_a}{2\pi r_{ah}} = \frac{\mu_o I_b}{2\pi r_{bh}} \qquad \frac{6}{60\times10^{-2}} = \frac{I_b}{40\times10^{-2}}$$

$I_b = 4$ أمبير ,

باتجاه تيار السلك (a) باتجاه (+y)

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



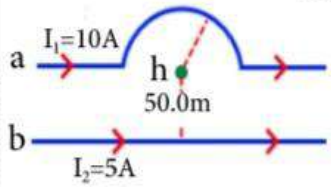
الحل :

هنالك مؤثران للمجال المغناطيسي عند مركز العروة و بالتالي :

h:
- $B_{سلك} = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{7(4\pi\times10^{-7})(2)}{2\pi(4\times10^{-2})} = 1\times10^{-5}\ T$ باتجاه ⊙
- $B_{دائري} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{7(4\frac{22}{7}\times10^{-7})(2)}{2(4\times10^{-2})} = 22\times10^{-5}\ T$ باتجاه ⊙

$B_h = B_{سلك} + B_{دائري} = 1\times10^{-5} + 22\times10^{-5} = 23\times10^{-5} T$ باتجاه ⊙

مثال بالاعتماد على المعلومات المثبته 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 :

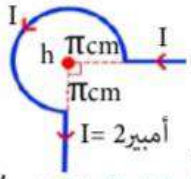
$B_{سلك} = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(5)}{2\pi(5\times10^{-2})} = 2\times10^{-5}\ T$ باتجاه ⊙

$B_{مقطع\ دائري} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{(\frac{1}{2})(4\pi\times10^{-7})(10)}{2(\pi\times10^{-2})}$

$= 10\times10^{-5} T$ باتجاه ✗

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

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 :

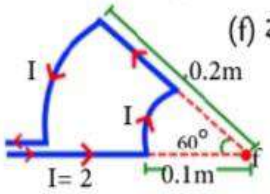
$B_{h(دائري)} = \frac{N\mu I}{2R} = \frac{\frac{3}{4}(4\pi\times10^{-7})(2)}{2(\pi\times10^{-2})}$

$= 3\times10^{-5}\ T$ تسلا باتجاه ⊙

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

مثال اعتماداً على البيانات في الشكل المبين:

المجال المغناطيسي عند النقطة (f)



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

N=? 360 ← (1) لفة ← $N=\frac{60}{360}=\frac{1}{6}$ لفة

60 ← (N) لفة

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

$B_{مقطع\ دائري\ داخلي} = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{\frac{1}{6}(4\pi\times10^{-7})(2)}{2(1\times10^{-1}}$

$= \frac{2\pi}{3}\times10^{-6}\ T$ باتجاه ✗

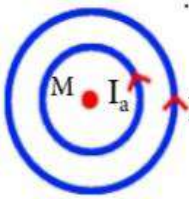
$B_{مقطع\ دائري\ خارجي} = \frac{\frac{1}{6}(4\pi\times10^{-7})(2)}{2(1\times10^{-1}} = \frac{1\pi}{3}\times10^{-6}\ T$ ⊙

باتجاه

$B_f = B_{داخلي} - B_{خارجي}$

$= \frac{2\pi}{3}\times10^{-6} - \frac{1\pi}{3}\times10^{-6} = \frac{1\pi}{3}\times10^{-6}\ T$ باتجاه ✗

مثال في الشكل المجاور a،b ملفان دائريان متحدان في المركز و المستوى إذا علمت أن :



$(I_a = 10A)$، $(N_a=150$ لفة$)$، $(R_a=15cm)$

$(I_b=20A)$ $(R_b = 20cm)$، $(N_b=100$لفة$)$

1) احسب شدة المجال المغناطيسي عند المركز (M)

2) إذا عكس اتجاه التيار (a) أحسب شدة المجال المغناطيسي عند المركز النقطة (M)

الحل :

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

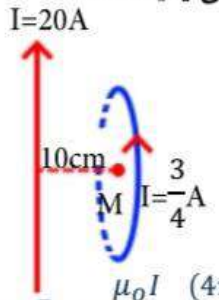
$B_a=(\frac{N\mu I}{2R})=\frac{150(4\pi\times10^{-7})(10)}{2(15\times10^{-5})}=2\pi\times10^{-3}$ T باتجاه ⊙

$B_b=(\frac{N\mu I}{2R})=\frac{100(4\pi\times10^{-7})(20)}{2(20\times10^{-5})}=2\pi\times10^{-3}$ T باتجاه ⊙

$B_M = B_a+B_b = 2\pi\times10^{-3}+2\pi\times10^{-3} = 4\pi\times10^{-3}$ T باتجاه ⊙

2) $B_M = B_a-B_b =$ صفر (انعدام)

مثال سلك لا نهائي الطول يقع على يمينه ملف دائري عمودي على مستوى الصفحة،



بالاعتماد على البيانات المثبته على الشكل احسب المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري (M) لفات N=4 R=2πcm

$B_{سلك}=\frac{\mu_o I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(20)}{2\pi(10\times10^{-2})}=4\times10^{-5}$ T باتجاه ⊗

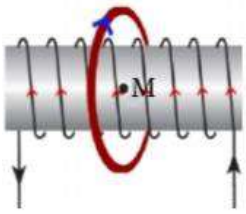
$B_{دائري}=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{4(4\pi\times10^{-7})(\frac{3}{4})}{2(2\pi\times10^{-2})}=3\times10^{-5}$ T باتجاه X-

$B_M=\sqrt{(B_{سلك})^2+(B_{دائري})^2}=\sqrt{(4\times10^{-5})^2+(3\times10^{-5})^2}$

$Tan\theta=\frac{B_{سلك}}{B_{دائري}}=\tan\theta=(\frac{4}{3})$

θ المحصورة بين B_M و $B_{دائري}$

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 مركو الملفين

2) القوة المغناطيسية المؤثرة غلى شحنه سالبة مقدارها (2ميكروكولوم) تتحرك بسرعة $(1\times10^6 m/s)$ لحظة مرورها عند مركز الملفين

أولاً : باتجاه الغرب ثانياً: باتجاه الشمال

الحل:

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

$B_{دائري}=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{10(4\pi\times10^{-7})(4)}{2(10\pi\times10^{-2})}=8\times10^{-5}$ T باتجاه x-

$B_{لولبي}=\frac{N\mu I}{L}=\frac{20(4\pi\times10^{-7})(2)}{(5\pi\times10^{-2})}=32\times10^{-5}$ T باتجاه x-

$B_f = B_{دائري} + B_{لولبي} = 8\times10^{-5}+32\times10^{-5}$

$=40\times10^{-5}$ T باتجاه x-

2) أولاً :

$F_B=qVB\sin\theta$ ∴ V//B θ=صفر

ثانياً:

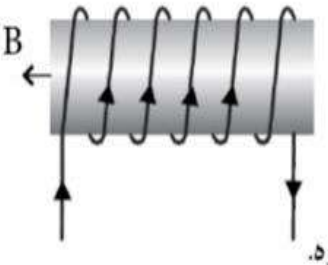
$F_B=qVB\sin90$ V B θ=90

$=(2\times10^{-6})(1\times10^{6})(40\times10^{-5})(1)$

$=8\times10^{-4}$ نيوتن باتجاه ⊗

تذكر .. نطبق قاعدة اليد اليمنى

مثال ملف لولبي (حلزوني) يحتوي على100لفة لكل1cm من طوله و يحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة (عند النظر اليه من اليمين) مقداره (100A)احسب:



1) مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف على امتداد محوره.

2) مقدار و اتجاه التيار اللازم إمراره في ملف لولبي اخر عدد لفاته (40لفة) لكل سم من طوله ،يحيط بالأول بإحكام لصبح المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف يساوي صفراً.

الحل:

1) $B_{\text{لولبي}}=\frac{N\mu I}{L}=\frac{100(4\pi\times10^{-7})(100)}{(1\times10^{-2})}$

$= 0.4\pi$ T باتجاه -X

2) حتى ينعدم المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف لا بد أن يمر في الملف اللولبي الاخر تيار كهربائي يعاكس اتجاه تيار الملف اللولبي الأول

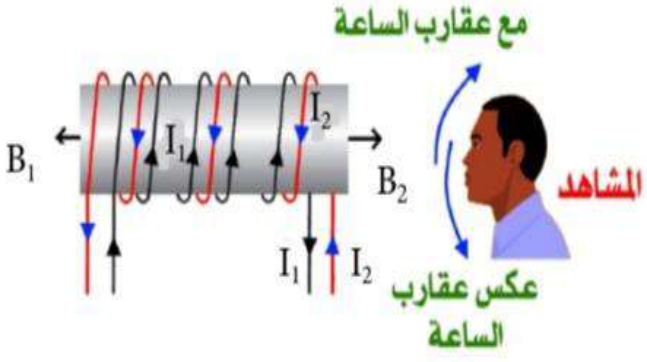
الأول صاعد لأعلى و الثاني هابط للأسفل و يحقق الشرط التالي

$B_{\text{لولبي}1} = B_{\text{لولبي}2}$ متساويان مقداراً و متعاكسان اتجاهاً

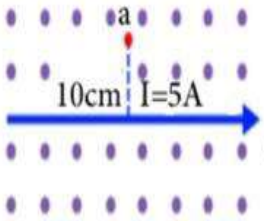
$0.4\pi=\frac{N_2\mu I_2}{L_2}=(4\times10^{-1})\pi=\frac{40(4\pi\times10^{-7})I_2}{(1\times10^{-2})}$

$I_2 = 250$ A مقداراً

اتجاه (I_2) معاكس لاتجاه (I_1)



مثال في الشكل سلك يحمل تيار كهربائي غمر في مجال مغناطيسي خارجي منتظم مقداره (10^{-5})تسلا عمودي على الصفحة نحو الخارج بالاعتماد على الشكل احسب:



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 (10^6m/s) متجها نحو الشمال.

الحل:

$F_B= ILB\sin\theta$

$\frac{F_B}{L}=IB\sin90$ $\theta = 90$

$\frac{F_B}{L} = (5)(10^{-5})(1)=5\times10^{-5}$ N/m باتجاه -y

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

$B_{\text{مؤثر خارجي}} = 1\times10^{-5}$ T ⊙ باتجاه

$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(5)}{2\pi(10\times10^{-2})}$

$= 1\times10^{-5}$ T ⊙ باتجاه

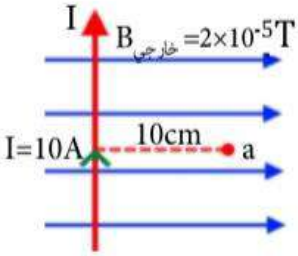
3) $F_B= q_p VB\sin90$ $\theta=90$ $V \perp B$

$=(6.1\times10^{-19})(10^6)(2\times10^{-5})(1)$

$= 2,3\times10^{-18}$N باتجاه +X

مثال

في الشكل سلك مستقيم يحمل تيار كهربائيا غمر كليا 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 $(5\times10^{6}m/s)$ متحركاً باتجاه المجال الخارجي .

الحل :

$\frac{F_B}{L}$ = IBsin 90 (لم يحدد طول السلك (تصبح في وحدة الأطوال)

= $(10)(2\times10^{-5}) = 2\times10^{-4}$ N/m باتجاه ✗

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

$B_{مؤثر\ خارجي}= 2\times10^{-5}T$ باتجاه +X

$B_{سلك}=\frac{\mu I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(10)}{2\pi(10\times10^{-2})}=2\times10^{-5}T$ باتجاه ✗

$B_a=\sqrt{(B_{مؤثر})^2+(B_{سلك})^2}=\sqrt{(2\times10^{-5})^2+(2\times10^{-5})^2}$

$=\sqrt{8}\times10^{-5}T$

$\theta=\tan\theta=(\frac{B_{سلك}}{B_{مؤثر}})=\frac{2\times10^{-5}}{2\times10^{-5}}=1$ $\theta=45$

3) $B_{خارجي}$ // V ← $B_{خارجي}$ يهمل و يحسب $B_{سلك}$ حيث V $B_{سلك}$

$F_B = q_e V B_{سلك} \sin90$

$=(6.1\times10^{-19})(5\times10^{16})(2\times10^{-5})(1)$

$=6.1\times10^{-7}$ N باتجاه -y تذكر قاعدة اليد اليمنى

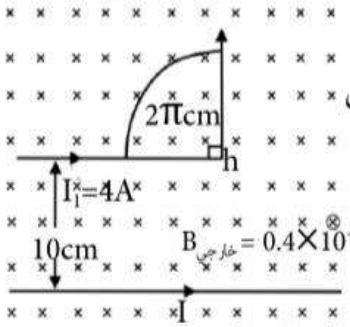
1) B_1//V يهمل B_1 و نعتمد فقط B_2

2) B_2// V يهمل B_1 و نعتمد فقط B_1

3) $(B_2 ، B_1)$ ⊥ V نعتمد محصلتهما مباشرة

مثال

اعتمادا على البيانات المثبته في الشكل المجاور ، اذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (h) يساوي $(1\times10^{-5}T)$ 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 (300m/s) باتجاه المحور السيني السالب .

الحل :

1) المقطعان المستقيمان الموصلان مع المقطع الدائري لا يولدان مجال عند (h) لأنها تقع على امتداديهما .

B_h ← $B_{خارجي}$ نحو -Z ✗

$B_{مقطع}$ نحو -Z ✗

$B_{سلك\ مستقيم}$ نحو +Z ⊙

عكس بعض لذلك المحصلة

طرح (الأكبر – الأصغر)

الذي بنفس اتجاه $B_{محصلة}$

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

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

$1\times10^{-5} = (0.4\times10^{-5}+\frac{1}{4}\frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\times2\pi\times10^{-2}}) - \frac{4\pi\times10^{-7}I}{2\pi\times10\times10^{-2}}$

$1\times10^{-5}=(0.4\times10^{-5}+1\times10^{-5}) - 0.2\times10^{-5}\ I$

$0.2\times10^{-5}I = (1.4\times10^{-5})-(1\times10^{-5})$

$0.2\times10^{-5}I = 0.4\times10^{-5} \longrightarrow I = 2$ A

y + -x -z

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

$= 6\times10^{-9}\times 300\times1\times10^{-5}\times1$

ورقة عمل

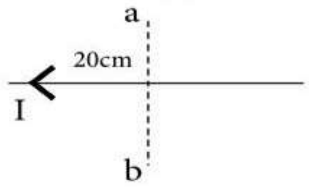
سؤال 1

سلك لا نهائي الطول يمر فيه تيار كهربائي شدته (20) أمبير كما في الشكل أجب عما يلي :

أولاً: جد مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (a)

ثانياً : مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الكترون يتحرك بسرعة (10^5 m/s) لحظة مروره بالنقطة (a) في الحالات التالية :

1) متجها نحو الشمال 2) متجها نحو الشرق 3) مبتعداً عن الناظر.



سؤال 2

ملف دائري مستواه منطبق على مستوى الصفحة كما في الشكل يسري فيه تيار مقداره (10) أمبير و نصف قطره (11×10^{-2}m) و عدد لفاته (3500) لفة احسب ما يأتي :

أولاً: المجال المغناطيسي في مركز الملف مقداراً و اتجاهاً

ثانياً : القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في بروتون يتحرك نحو الشرق بسرعة (5×10^7m/s) لحظة مروره بمركز الملف (c) مقداراً و اتجاهاً .

سؤال 3

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

سؤال 4

ملف حلزوني عدد لفاته (70) لفة ، و طوله (22cm) يحمل تيار شدته (0.5) أمبير ، احسب:

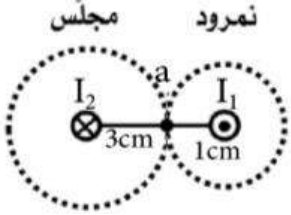
1. مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي عند النقاط (a, b ,c) .
2. القوة المؤثرة على إلكترون يتحرك بسرعة (10^6m/s) لحظة مروره داخل الملف متجهاً نحو الشمال .
3. القوة المؤثرة على نيوترون يتحرك بسرعة (10^6m/s) لحظة مروره داخل الملف متجها نحو الشمال .

سؤال 5

سلكان طويلان يحملان تيارين I_1=4 A , I_2 = 2 A بالاعتماد على البيانات المثبته على الشكل :

أولاً : احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (a) مقداراً و اتجاهاً .

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



إجابات ورقة العمل

إجابة السؤال 1

أولاً: نحو ✗ عمودي نحو الداخل. $B_a = \frac{\mu_o I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(20)}{2\pi(20\times10^{-2})} = 2\times10^{-5}\,T$

ثانياً :

1 . $F_B = q_e VB\sin90 = (1.6\times10^{-19})(10^5)(2\times10^{-5})(1)$
$= 2.3\times10^{-19}$ نحو (X+) تذكر الشحنة سالبة

2 . $F_B = q_e VB\sin90 = (1.6\times10^{-19})(10^5)(2\times10^{-5})(1)$
$= 2.3\times10^{-19}$ نحو (y-) تذكر الشحنة سالبة

3 . $F_B = q_e VB\sin0 = 0$ حيث B // V F_B = صفر

إجابة السؤال 2

أولاً : $B = \frac{\mu_o IN}{2R} = \frac{(3500)(4\pi\times10^{-7})(10)}{2(11\times10^{-2})}$

$\frac{(3500)(4\frac{22}{7}\times10^{-7})(10)}{2(11\times10^{-2})} = 2\times10^{-1}\,T$ نحو ✗

ثانيا : $F_B = qV_P B\sin90$
$=(6.1\times10^{-19})(5\times10^{7})(2\times10^{-1})(1)$
$= 6.1\times10^{-12}$ نيوتن
باتجاه (+y) قاعدة اليد اليمنى .

إجابة السؤال 3

$F_B = qVB\sin\theta$ $B = \frac{\mu_o IN}{2R} = 10A$

إجابة السؤال 4

1. $B_a = B_b = \frac{\mu_o IN}{L} = \frac{(70)(4\pi\times10^{-7})(5\times10^{-1})}{22\times10^{-2}} = \frac{(70)(4\frac{22}{7}\times10^{-7})(5\times10^{-1})}{22\times10^{-2}}$

$= 20\times10^{-5}$ T نحو (-X)

B_c = صفر (على نفس السلك)

2. $F_B = q_e VB\sin90$

$= (6.1\times10^{-19})(10^6)(20\times10^{-5})(1) = 2.3\times10^{-17}$ نيوتن نحو ✗

3. $F_B = q_n VB\sin90$ = صفر (متعادل) تذكر النيوترون

إجابة السؤال 5

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

a

$B_1 = \frac{\mu_o I_1}{2\pi r_{1a}} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(4)}{2\pi(2\times10^{-2})}$

$= 8\times10^{-5}$ T نحو (-y)

$B_2 = \frac{\mu_o I_2}{2\pi r_{2a}} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(2)}{2\pi(2\times10^{-2})}$ $= 2\times10^{-5}$ T نحو(-y)

$B_a = B_1 + B_2 = 8\times10^{-5} + 2\times10^{-5} = 10\times10^{-5}$ T نحو (-y)

ثانياً: $F_B = q_e VB_a\sin 90 = (6.1\times10^{-19})(200)(10\times10^{-5})(1) = 2.3\times10^{-21}$ نيوتن نحو ✗

التعامل مع الأسئلة المحصلة العكسية للمجال المغناطيسي

نبحث عن (B معلومة) من السؤال اتجاهاً
له احتمالين فقط

اتجاه $B_{معلوم}$ **بنفس** اتجاه $B_{محصل}$

(نضع $B_{معلوم}$ في البداية و هنا **احتمالين**)

$B_{محصل} = B_{معلوم} \pm B_{مجهول}$

$B_{محصل} < B_{معلوم}$

$B_{محصل} = B_{معلوم} + B_{مجهول}$

مثال مباشر

$B_1 = 3\ T$

$B_2 = 4\ T$

$B_{محصل} = 4+3$

$= 7\ T, +x$

$B_{محصل} > B_{معلوم}$

$B_{محصل} = B_{معلوم} - B_{مجهول}$

مثال مباشر

$B_2 = 4\ T$ $B_1 = 3\ T$

$B_{محصل} = 3-4$

$= 1\ T, -x$

$B_{محصل}$

مثال عكسي

$B_1 = 3\ T +x$

$B_2 = 7\ T +x$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

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

$7 = 3+B_2$

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

بنفس اتجاه $B_{محصل}$

اتجاه $B_{معلوم}$ **بعكس** اتجاه $B_{محصل}$

(نضع $B_{معلوم}$ في النهاية دائماً) **احتمال واحد**

$B_{محصل} = B_{معلوم} - B_{مجهول}$

مثال مباشر

$B_2 = 4\ T -x$

$B_1 = 3\ T +x$

$F_r = 4-3 = 1T -x$

مثال عكسي

$B_2 = 4\ T -x$

$B_{محصل} = 1\ T -x$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

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

$B_1 - 4 = 1$

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

بنفس اتجاه $B_{محصل}$

مثال عكسي

$B_1 = 3\ T +x$

$B_{محصل} = -x\ T\ 1$

احسب B_2 (مقدار و اتجاه)؟

الحل:

B_1 عكس $B_{محصل}$

$B_{محصل} = B_1 - B_2$

$3 - B_2 = 1$

$B_2 = 1+3 = 4T -x$

بنفس اتجاه $B_{محصل}$

المعلم: عبد الفتاح أبو الحاج 0780799072

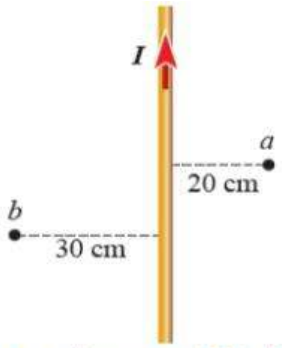
أمثلة متنوعة

مثال

سلكٌ مستقيمٌ لا نهائيُّ الطول يحمل تيّارًا كهربائيًّا مقدارهُ (3 A)، معتمدًا على الشكل (21)؛ أجدُ:

أ) مقدار المجال المغناطيسيّ عند النقطة (a)، وأحدّد اتّجاهه.

ب) مقدار المجال المغناطيسيّ عند النقطة (b)،وأحدّد اتّجاهه.



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

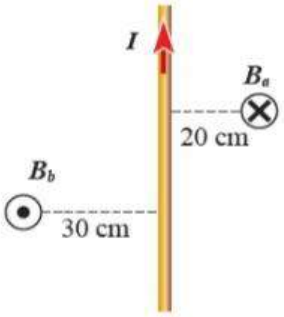
المعطيات: $I = 3\ \text{A},\ r_a = 0.2\ \text{m},\ r_b = 0.3\ \text{m}$

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 اليُمنى؛ أجد أنّ اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند النقطة (a) يكون داخلاً في الصفحة وعموديًّا عليها. كما في الشكل (22).



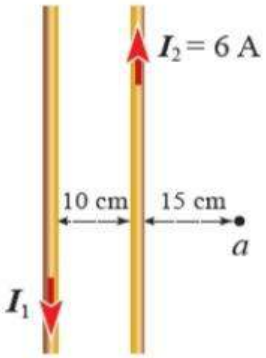
ب) مقدار المجال عند النقطة (b)

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

وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أنّ اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند النقطة (b) يكون خارجًا من الصفحة وعموديا عليها، كما يبيّن الشكل (22).

مثال

سلكان مستقيمان لا نهائيًّا الطولِ ومتوازيان، يحملان تيّارين كهربائيّين متعاكسين كما في الشكل (23). أجدُ مقدار التيّار (I_1) الذي يجعل المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة (a) يساوي صفرًا.



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

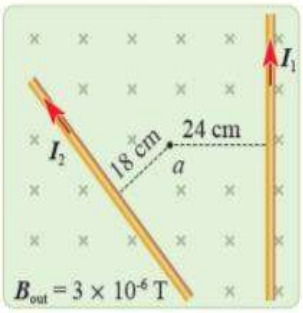
اتّجاه المجال (B_2) عند النقطة (a) داخلٌ في الصفحة وعموديٌّ عليها، واتّجاه (B_1) خارجٌ من الصفحة وعموديٌّ عليها؛ فهما متعاكسان ومُحصّلتهما تساوي صفرًا، أيّ أنّهما متساويان مقدارًا:

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

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

مثال

معتمدًا على الشكل ، إذا كان ($I_1 = I_2 = 6\ A$) ؛ أجد مقدار المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة(a) ، وأحدّدُ اتّجاهه.



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

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

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

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

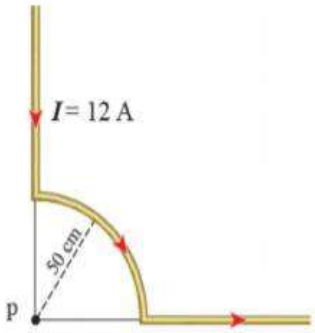
حيث أن المجال (B_1) خارجًا من الصفحة باتجاه $(+z)$، والمجال (B_2) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، المجال (B_3) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، فإن المحصلة:

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

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

مثال

يتكوّن سلكٌ من جزءٍ يشكّل ربع دائرةٍ نصفُ قطرها $R = 0.5\ \text{m}$، وجزأين مستقيمين لا نهائيّيْ الطول، كما في الشكل (26). أحسبُ مقدار المجال المغناطيسيّ عند النقطة (P) وأحدّدُ اتّجاهه.



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

المطلوب: $B = ?$

بالنسبة للجزء الذي يشكل ربع دائرة؛ يمكنني افتراض أنّ

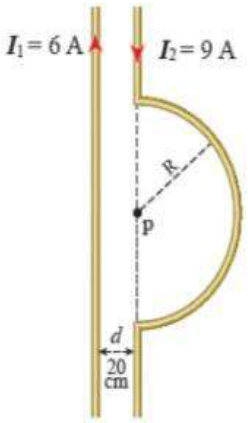
عدد اللّفات: $N = 0.25$

$$B = \frac{\mu_o I N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 0.25}{2 \times 0.5}$$

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

بالنسبة للجزأين المستقيمين؛ فإنّ النقطة (P) تقع على امتدادهما، لذلك يكون المجال المغناطيسيّ الناتج عنهما يساوي صفرًا. ألاحظُ أنّ قياس الزاوية (θ) يساوي صفرًا بالنسبة للجزء العُلويّ، ويساوي $(180°)$ بالنسبة للجزء الأيمن. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه المجال نحو $(-z)$.

مثال



سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول؛ يحتوي أحدهما على نصف حلقةٍ مركزُها (P)، ونصف قطرها ($0.2\,\pi$ m)، كما في الشكل (27). أجدُ المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة (P) وأحدّدُ اتّجاهه.

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 نهائيّ الطول:

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

المجال الناتج عن الملفّ الدائريّ:

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

باستخدام قاعدة اليد اليمنى، أجدُ أنّ اتّجاه المجالين نحو داخل الصفحة وعموديٌّ عليها، ومقدارهُ:

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

مثال

ملفٌّ لولبيٌّ طولهُ (0.5 m) يحتوي على (500) لفةٍ؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسيّ داخله إذا كان يحمل تيارًا كهربائيًّا (11A).

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

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

مثال

معتمدًا على العلاقة الرياضية الخاصة بالمجال المغناطيسيّ داخل ملف لولبي يسري فيه تيار كهربائيّ؛ أبيّنُ أثر كُلٍّ ممّا يأتي في مقدار المجال المغناطيسيّ داخله:
مضاعفة عدد اللّفات فقط. / مضاعفة طول الملفّ فقط. /مضاعفة عدد اللّفات وطول الملفّ معًا.

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

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

مثال ملفٌّ لولبيٌّ يتكوّن من عدد لفّاتٍ بمعدّل (1400) في كُلّ مترٍ من طوله. إذا نشأ داخلهُ مجالٌ مغناطيسيٌّ مقدارهُ (1.4×10^{-2} T) ؛ فما مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيه؟

$$B = \mu_o In$$

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

مثال أحسبُ عدد اللّفات في ملفٍّ لولبيّ طولهُ (3πcm) يولّد بداخله مجالٌ مغناطيسيًّا مقدارهُ (2×10^{-3} T) عند مرور تيّارٍ (1.5A) فيه.

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

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

الربط مع التكنولوجيا

يُستخدَم المجال المغناطيسيُّ في احتواء وَقود الاندماج النوويِّ بعد تحويله إلى مادّةٍ مُتأيّنةٍ عالية الكثافة (بلازما)، كما يبيّنُ الرسم التوضيحيّ؛ حيث لا يُمكن لأيّ جسم ماديٍّ احتواء هذا الوَقود بسبب الضغط العالي ودرجة الحرارة المرتفعة جدًّا (تقاربُ مليون درجة سلسيوس)؛ اللازمان لبدء تفاعُل الاندماج النوويّ.

القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

القوّةُ المغناطيسيّةُ بين موصلين متوازيين

Magnetic Force Between Two Parallel Conductors

درستُ سابقًا أنّ الموصل الذي يحمل تيّارًا كهربائيًّا يولد حوله مجالًا مغناطيسيًّا، ودرستُ أنّ المجال المغناطيسيّ يؤثّر بقوّةٍ في موصلٍ موضوعٍ فيه ويحمل تيّارًا كهربائيًّا. أستنتجُ من ذلك أنّ قوّةً مغناطيسيّةً تنشأُ بين موصلين متجاورين لا نهائيّيْ الطول يحملان تيّارين كهربائيّين.

ينشأُ مجالٌ مغناطيسيٌّ (B_1) حول الموصل الأيمن الذي يسري فيه تيار (I_1)، في الشكل (29/ أ)، يُعطى مقدارهُ على مسافة (r) بالعلاقة:

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

وحيث أنّ الموصل الأيسر يقع في هذا المجال ويتعامد معه، ويمرُّ فيه تيّارٌ كهربائيّ (I_2)؛ فإنّ جزءًا منه طوله (L) يتأثّر بقوّةٍ مغناطيسيّةٍ مقدارُها:

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

بتعويض قيمة (B_1)؛ أحصل على القوّة لكلِّ وحدة أطوال:

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

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيسر؛ حيث اتّجاه (B_1) عندهُ يكون نحو ($+z$)؛ أجدُ أنّ اتّجاه القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة فيه يكون نحو اليمين ($+x$).

في الشكل (29/ ب)؛ ينشأُ مجالٌ مغناطيسيٌّ (B_2) حول الموصل الأيسر الذي يسري فيه تيّار (I_2)، يُعطى مقداره على بُعد (r) بالعلاقة:

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

ونتيجةً لوجود الموصل الأيمن الذي يحمل تيّارًا كهربائيًّا (I_1) في هذا المجال وتعامده معه؛ فإنّ جزءًا منه طوله (L) يتأثّر بقوّةٍ مغناطيسيّةٍ تُعطى بالعلاقة الآتية:

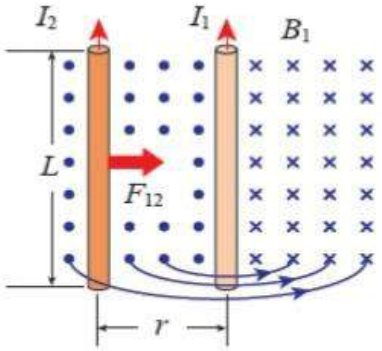
$$F_{21} = B_2 I_1 L$$

بتعويض قيمة (B_2)؛ أحصل على القوّة لكلِّ وحدة أطوال:

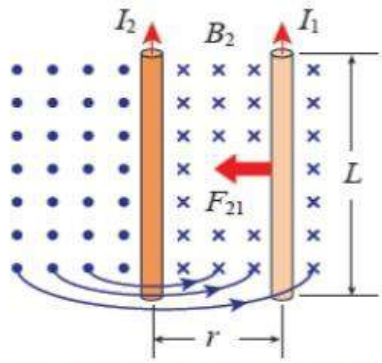
$$F_{21} = \frac{\mu_o I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F_{21}}{L} = \frac{\mu_o I_1 I_2}{2\pi r}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيمن؛ حيث يكون (B_2) عنده باتّجاه ($-z$)؛ أجدُ أنّ اتّجاه القوّة المؤثّرة فيه يكون نحو اليسار ($-x$).

أيّ أنّ القوّتين المُتبادلتين بين موصلين يحملان تيّارين كهربائيين بالاتّجاه نفسه تكون قوّة تجاذُب. أستنتجُ مما سبق أنّ القوتين بين الموصلين متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتّجاها. وحسب القانون الثالث لنيوتن فإنّهما تشكلان زوجي فعلٍ وردّ فعلٍ. كما يبيّن الشكلُ (30) الذي يمثل مقطعًا عرضيًا في كلا السلكين. ويتناسب مقدار القوتين طرديًا مع كل من التيارين والطول المشترك للسلكين، وعكسيًا مع البعد بينهما (r).

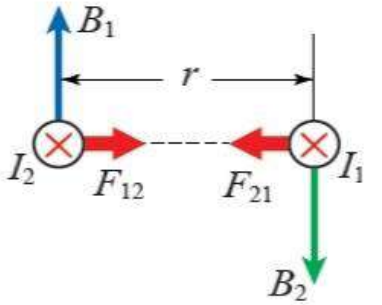


(أ): المجال المغناطيسيّ (B_1) الناشئ عن (I_1) في الموصل الأيمن لانهائيّ الطول.



(ب): المجال المغناطيسيّ (B_2) الناشئ عن (I_2) في الموصل الأيسر لانهائيّ الطول.

الشكل (29): موصلان مستقيمان متوازيان لانهائيا الطول، يحمل كُلٌّ منهما تيارًا كهربائيًّا.

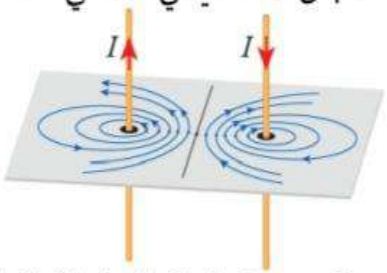


الشكل (30): مقطعٌ عرضيٌّ في السلكين يبيّن اتّجاه قوّة التجاذُب المغناطيسيّة بينهما.

القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين و خطوط المجال المغناطيسي:

أولاً : موصلين متوازيين يحمل كل منهما تيارين كهربائيين متساويين المقدار باتجاهين متعاكسين

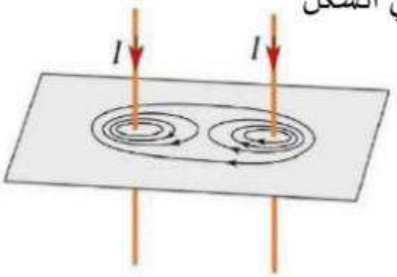
إذا وضعتُ موصلين متوازيين يحمل كلٌّ منهما تيارًا كهربائيًّا (I) باتّجاهين مُتعاكسين، ورسمت خطوط المجال المغناطيسيّ، كما في الشكل



.تكون خطوط المجال في المنطقة بين الموصلين متقاربة، بينما تكون متباعدةً في المناطق الخارجية؛ أستنتجُ من الشكل أنّ اتّجاه القوّة المغناطيسيّة يؤثّر في كُلٍّ من الموصلين لنقله من منطقة المجال المغناطيسيّ القويّ إلى منطقة المجال المغناطيسيّ الضعيف؛ أيّ أنّ الموصلين يتباعدان، وهذا يتّفقُ مع قاعدة اليد اليمنى.

ثانياً : موصلين متوازيين يحمل كل منهما تيارين كهربائيين متساويين المقدار و بنفس الاتجاه

إذا وضعتُ موصلين متوازيين يحمل كلٌّ منهما تيارًا كهربائيًّا (I) بنفس الاتجاه، ورسمت خطوط المجال المغناطيسيّ، كما في الشكل



.تكون خطوط المجال في المنطقة بين الموصلين متباعدة، بينما تكون متقاربة في المناطق الخارجية؛ أستنتجُ من الشكل أنّ اتّجاه القوّة المغناطيسيّة يؤثّر في كُلٍّ من الموصلين لنقله من منطقة المجال المغناطيسيّ القويّ إلى منطقة المجال المغناطيسيّ الضعيف؛ أيّ أنّ الموصلين يتقاربان، وهذا يتّفقُ مع قاعدة اليد اليمنى.

منشأ المجال المغناطيسي :

لاحظتُ في ما سبق أنّ المجالات المغناطيسيّة جميعها ناتجةٌ عن حركة الشحنات الكهربائيّة، لكن: كيف يحدث ذلك في حالة المغناطيس الدائم؟

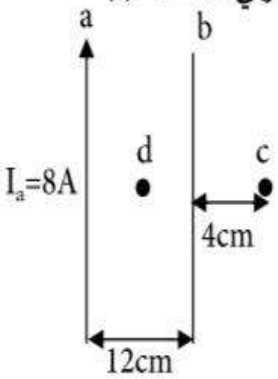
في المغناطيس الدائم توجد شحنات متحرّكة أيضًا، وهي الإلكترونات التي تدور حول نواة الذرة. ويمكن تصوُّر حركة الإلكترون حول نواة الذرة بأنّها تشكّل حلقةً صغيرةً جدًّا يسري فيها تيّارٌ كهربائيٌّ وينتج عنها مجالٌ مغناطيسيّ. في بعض الموادّ تكونُ المجالات المغناطيسيّة في اتّجاهاتٍ مختلفةٍ وبشكلٍ عشوائيّ؛ بحيث تكون مُحصّلة المجال المغناطيسيّ صفرًا. أمّا في الموادّ المغناطيسيّة الدائمة؛ فإنّ المجالات المغناطيسيّة الناشئة عن الإلكترونات المُتحرّكة تؤدي إلى حقولٍ (مناطق) مغناطيسيّة Magnetic domains ينتُجُ عنها مجالٌ مغناطيسيٌّ مُحصّلٌ لا يساوي صفرًا؛ ولذلك ينشأ مجالٌ مغناطيسيٌّ للمغناطيس الدائم.

أمثلة متنوعة على القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

مثال سلكان (b,a) متوازيان و طويلان 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 .

$$F=\frac{\mu I_a I_b L}{2\pi r} \qquad \frac{F}{L}=\frac{4\pi\times10^{-7}(20)(40)}{2\pi(20\times10^{-2})}=8\times10^{-4}\ \text{N/m}\ (\text{تجاذب})$$

مثال يبين الشكل (b،a) موصلين مستقيمين متوازيين لانهائيين في الطول و موضوعين في الهواء بالاعتماد على المعلومات المثبته 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 الكترون يتحرك بسرعة (3×10^5m/s) لحظة مرور النقطة (d) و التي تنصف المسافة بين السلكون متجهاً نحو الشمال .

الحل:

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

$$B_a = B_b$$

$$\frac{\mu I a}{2\pi r_a}=\frac{\mu I a}{2\pi r_b}$$

$$\frac{8}{16\times10^{-2}}=\frac{I_b}{4\times10^{-2}} \qquad I_b = 2A$$

بعكس اتجاه I_a لان النقطة خارجهم

(2

$$\frac{F}{L}=\frac{\mu I a\, I_b}{2\pi r}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}(8)(2)}{2\pi(12\times10^{-2})}$$

$$=\frac{8}{3}\times10^{-5}\ \text{N/m}$$

(قوة تنافر)

سنعود

(3

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

$$F_B = (1.6\times10^{-19})(3\times10^5)(\frac{10}{3}\times10^{-5})$$

$$=1.6\times10^{-18}\ \text{N}\ (+x)$$

$$B_a=\frac{\mu I a}{2\pi r_{ad}}=\frac{4\pi\times10^{-7}(8)}{2\pi(6\times10^{-2})}$$

$$=\frac{8}{3}\times10^{-5}\ \text{T}\ ,\ \text{X}$$

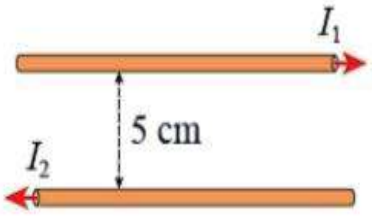
$$B_b=\frac{\mu I_b}{2\pi r_{bd}}=\frac{4\pi\times10^{-7}(2)}{2\pi(6\times10^{-2})}$$

$$=\frac{2}{3}\times10^{-5}\ \text{T}\ ,\ \text{X}$$

$$B_d = B_a + B_b = \frac{8}{3}\times10^{-5}+\frac{2}{3}\times10^{-5}$$

$$=\frac{10}{3}\times10^{-5}$$

مثال سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول ومتوازيان تفصلهما مسافة (5 cm) يحمل السلك العلوي تيارًا كهربائيًّا (8 A) والسفلي (2 A)، كما في الشكل أحسب مقدار القوّة المغناطيسيّة المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، وأحدد نوعها.



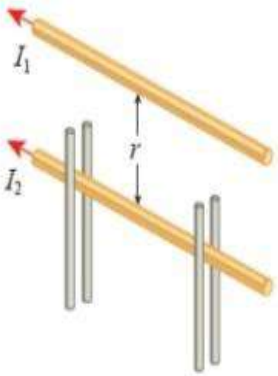
سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول ومتوازيان، يحمل كُلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا.

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

المطلوب: $F = ?$

$$F = \frac{\mu_o I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 2}{2\pi \times 0.05}$$
$$= 6.4 \times 10^{-5}\ \text{N/m}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى؛ أجد أن القوّة بين السلكين هي تنافُر.



مثال موصِلان متوازيان لا نهائيا الطول يحمل كلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا (200 A)؛ الموصل العُلويُّ مُثبّت، والسُّفليّ قابلٌ للحركة رأسيًّا، كما في الشكل . إذا علمتُ أنّ كتلة وحدة الأطوال من الموصل السفلي (0.2 g/cm):أجد المسافة (r) التي تجعله مُتّزنًا .

الحل :

$$\frac{m}{l} = \frac{0.2g}{cm} = \frac{0.2\times10^{-3}kg}{1\times10^{-2}\,m} = 0.2\times10^{-1}\ \text{kg/m}$$
$$\frac{F_g}{L} = \frac{mg}{L} = 0.2\times10^{-1}\times10 = 0.2\text{N/m}$$

متزن يعني

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

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

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

أسئلة مراجعة الدرس الثاني

السؤال 1 أذكرُ العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال المغناطيسيّ الناتج عن مقطعٍ صغيرٍ من موصلٍ يحملُ تيّارًا كهربائيًّا، عند نقطةٍ بالقرب من هذا الموصل.

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

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

السؤال 2 يتحرّك إلكترونٌ في الفضاء في خطٍّ مستقيم؛ ما المجالات الناشئةُ عنهُ؟

ينشأ في الحيز المحيط بإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي.

السؤال 3 موصلان مستقيمان متوازيان لانهائيًا الطول؛ المسافة بينهما(30cm) ، يحمل أحدهما تيّارًا كهربائيًّا يساوي ثلاثة أمثال التيار الذي يحمله الموصل الثاني. أُحدّد نقطةً على الخطّ العموديّ الواصل بينهما؛ ينعدم عندها المجال المغناطيسيّ عندما يكون التياران بالاتّجاه نفسه.

عندما ينعدم المجال المحصل بين السلكين، يكون المجالان متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{3\,\mu_\circ I_1}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{1}{r_1} = \frac{3}{r_2}$$

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

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

السؤال 4 أبيّنُ العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسيّ في مركز ملفٍّ دائريٍّ والعوامل التي يعتمد عليهاالمجال المغناطيسيُّ داخل ملفٍّ لولبيّ.

$$B = \frac{\mu_o IN}{2R}, \qquad B = \frac{\mu_o IN}{l}$$

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 ملفٌّ دائريٌّ من سلكٍ نحاسيٍّ عددُ لفّاته (100)، نصفُ قطرِ كُلٍّ منها (80 cm)، ويحمل تيّارًا كهربائيًّا (0.4 A) أحسبُ مقدارَ المجال المغناطيسيّ في مركز الملفّ.

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

السؤال 6 موصّل مستقيم لا نهائيُّ الطول موضوعٌ على سطحٍ أفقيٍّ يحملُ تيارًا كهربائيًا (50 A) يتّجه من الشمال إلى الجنوب؛ أحسبُ مقدارَ المجال المغناطيسيّ عند نقطةٍ على السطح تبعدُ (2.5 m) إلى الشرق من السلك، وأحدد اتّجاهه.

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

الإثراء والتوسّع

التصويرُ باستخدام تقنية الرنين المغناطيسيّ (MRI)

يُعدُّ الأردن من أكثر الدول اهتمامًا بالصحة؛ لما لديه من كوادر بشريّة مؤهّلة، تمتلك القدرات والخبرات المتميّزة، ومرافق صحيّة شاملة حديثة، ومعدّات طبية؛ إذ تسعى المستشفيات في الأردنّ دائمًا إلى الحصول على أحدث التكنولوجيا الطبيّة، ومنها أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسيّ.

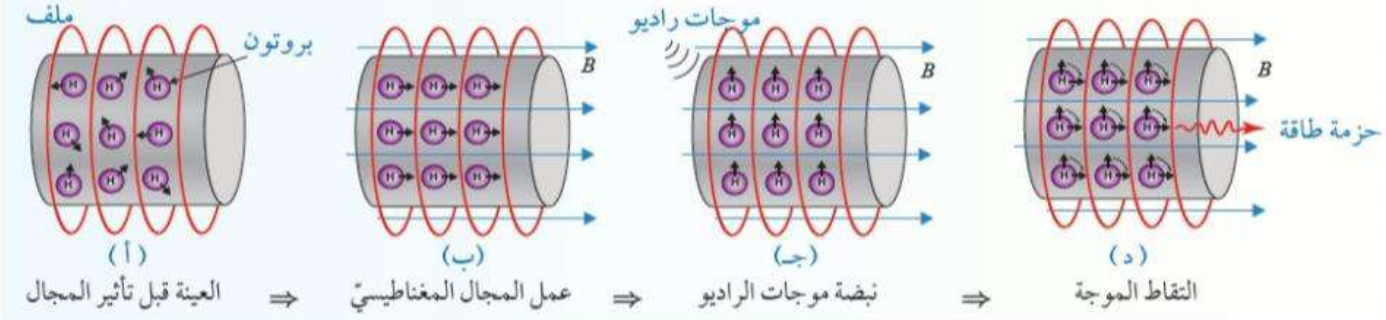
التصوير بالرنين المغناطيسيّ Magnetic resonance imaging (MRI) تقنيةٌ غير جراحيّةٍ تنتجُ صورًا تشريحيّةً واضحةً ثلاثيّةَ الأبعاد لجسم الإنسان، تساعدُ في الكشف عن الأمراض وتشخيصها. يتكوّن جهاز الرنين المغناطيسيّ من ثلاثة أجزاءٍ رئيسةٍ هي؛ ملفّاتٌ مغناطيسيّة، ومصدر موجات راديو، وجهاز حاسوب.

تحتوي خلايا جسم الإنسان على نسبةٍ كبيرةٍ من الماء الذي يتكوّن من الأكسجين والهيدروجين، ولكلّ ذرّة هيدروجينٍ عزمٌ ثناقطبيٌّ مغناطيسيّ. وفي غياب مجالٍ مغناطيسيٍّ خارجيٍّ تكون اتّجاهاتُ العزوم المغناطيسيّة في الجسم موزّعةً في الاتّجاهات كافّةً بشكلٍ عشوائي، كما في الشكل (أ).

خطواتُ عمل الجهاز:

- تولّد الملفاتُ مجالًا مغناطيسيًّا خارجيًّا يخترق الجسم، مؤدّيًا إلى اصطفاف العزوم المغناطيسيّة لذرّات الهيدروجين في اتّجاهِ المجال المغناطيسيّ نفسه، وتصبح في وضع اتّزان، الشكل (ب).
- يُطلق مصدرُ موجات الراديو نبضةً من الموجات تخترق الجسم؛ فتؤدّي إلى انحراف العزوم المغناطيسيّة لذرات الهيدروجين بزاوية (90°) عن اتّجاه المجال المغناطيسيّ الخارجي، الشكل (جـ).
- عند توقّف نبضة موجات الراديو تبدأ العزوم بالعودة للاصطفاف باتّجاه المجال المغناطيسيّ الخارجيّ، وينتُج عن ذلك انبعاثُ حزمةٍ من الموجات الكهرمغناطيسيّة تلتقطها مستشعرات التصوير وتحوّلها عن طريق برمجيّاتٍ محوسبةٍ إلى صورٍ تشريحيّة، الشكل (د).

تختلف العزوم المغناطيسيّة في زمن عودتها إلى حالة الاتزان (الاصطفاف باتّجاه المجال المغناطيسيّ الخارجي)، وفي مقدار طاقة الموجات الكهرمغناطيسيّة التي تبعثها؛ وذلك حسب تركيب النسيج والطبيعة الكيميائية للجزيئات فيه، وبذلك يتمكن الأطباء من التفريق بين الأنسجة المختلفة (السليمة والمصابة بمرض مُعيّن مثلا) بناءً على هذه الخصائص المغناطيسيّة.



أسئلة مراجعة الوحدة

أسئلة مراجعة الوحدة

1. أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

1. من العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر في جُسيمٍ مشحونٍ مُتحرّك؛ مقدارُ الشحنة وسرعةُ الجُسيم، حيث تزداد القوّة:

أ. بزيادة السرعة ونقص الشحنة. ب. بزيادة السرعة وزيادة الشحنة.

جـ. بنقص السرعة وزيادة الشحنة. د. بنقص السرعة ونقص الشحنة.

2. عند تمثيل المجال المغناطيسيّ المنتظم بخطوط مجال؛ فإنّها تتّصفُ بواحدة ممّا يأتي:

أ. خطوطٌ متوازيةٌ والمسافات بينها متساوية. ب. خطوطٌ متوازيةٌ والمسافات بينها غير متساوية.

جـ. خطوطٌ مُنحَنيةٌ تشكّل حلقاتٍ مُقفَلة. د. خطوطٌ مُنحَنيةٌ تشكّل حلقاتٍ غير مقفلة.

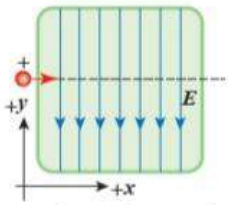
3. يتحرّك أيونٌ موجبٌ باتّجاه محور $(+x)$، داخل غرفة مُفرغة فيها مجالٌ كهربائيٌّ باتّجاه $(-y)$،كما في الشكل. في أيّ اتّجاه يجب توليد مجالٍ مغناطيسيٍّ بحيث يمكن أن يؤثّر في الجُسيم بقوّةٍ تجعلهُ لا ينحرف عن مساره؟

أ. باتّجاه محور $(+y)$، للأعلى.

ب. باتّجاه محور $(-y)$، للأسفل.

جـ. باتّجاه محور $(+z)$، نحو الناظر.

د. باتّجاه محور $(-z)$، بعيدًا عن الناظر.



4. يُستخدم المجال المغناطيسيّ لحساب الشحنة النوعية للجُسيمات، ماذا يُقصد بالشحنة النوعية؟

أ. نسبة كتلة الجُسيم إلى مربع شحنته. ب. نسبة شحنة الجُسيم إلى مربع كتلته.

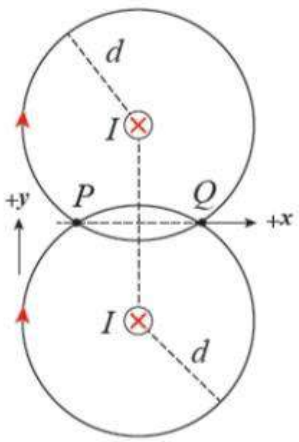
جـ. نسبة كتلة الجُسيم إلى شحنته. د. نسبة شحنة الجُسيم إلى كتلته.

5. عندما يتحرّك جُسيمٌ مشحونٌ حركةً دائريّةً في مجال مغناطيسيّ منتظم؛ متى يزداد نصف قطر المسار الدائري للجُسيم؟

أ. بزيادة المجال وزيادة الشحنة. ب. بزيادة الكتلة ونقص المجال.

جـ. بنقص الكتلة ونقص السرعة. د. بنقص الكتلة وزيادة المجال.

6. سلكان مستقيمان متوازيان لانهائيّا الطول؛ يحملان تيّارين متساويين وباتّجاه $(-z)$ داخل الصفحة؛ النقطتان (P,Q) تبعدان عن السلكَين مسافاتٍ متساوية، كما في الشكل. كيف يكون اتّجاه المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطتين (P,Q)؟



أ. عند (P) باتّجاه $(+x)$، وعند (Q) باتّجاه $(+y)$.

ب. عند (P) باتّجاه $(-x)$، وعند (Q) باتّجاه $(-y)$.

جـ. عند (P) باتّجاه $(+x)$، وعند (Q) باتّجاه $(-x)$.

د. عند (P) باتّجاه $(+y)$، وعند (Q) باتّجاه $(-y)$.

إجابات السؤال الأول

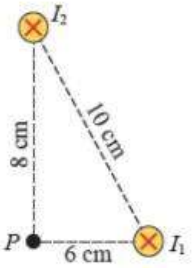
اختيار متعدد ، سيتم وضع رمز الاجابة الصحيحة لكل فقة في جدول ثم توضيح كل فقرة :

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

2. **أفسّرُ:** مجالٌ مغناطيسيٌّ منتظمٌ باتّجاه $(+x)$، دخل جُسيمان مشحونان منطقة المجال بسرعة (v) باتّجاهٍ داخل الصفحة $(-z)$؛ فانحرف أحدهما باتّجاه محور $(+y)$، والثاني باتّجاه محور $(-y)$. أفسّرُ انحرافهما.

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

3. **أحسبُ:** موصلان مستقيمان متوازيان؛ يحملُ كلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا باتّجاهٍ داخلَ الصفحة، كما في الشكل. إذا كان تيار الأول (12 A)، وتيار الثاني (40 A). أحسبُ كُلًّا من:



أ. القوّةَ التي يؤثّر بها الموصل الثاني في وحدة الأطوال من الموصل الأول مقدارًا واتّجاها.

ب. المجالَ المغناطيسيَّ المُحصّل عند النقطة (P) مقدارًا واتّجاها.

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

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

ب) المجال المحصل:

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

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

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

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

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. **أحسبُ:** خطٌّ علويٌّ أفقيٌّ ناقلٌ للكهرباء يرتفع عن سطح الأرض (10 m)، ويحمل تيّارًا كهربائيًّا (90 A) باتّجاه الشرق. أحسبُ مقدار المجال المغناطيسيّ الناشئ عن الخطّ الناقل وأحدد اتّجاهه في نقطتين تحت الخطّ 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:

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

ب) المجال على سطح الأرض ويكون باتجاه الشمال أيضًا:

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

5. **أحسب:** ملفٌّ لولبيٌّ طولهُ (0.6 m)، يحتوي على (400) لفّةٍ متراصةٍ جيدًا. إذا مرّ فيه تيّارٌ كهربائيّ (8 A)، أجدُ مقدار المجال المغناطيسيّ داخل الملف عند نقطةٍ تقعُ على محوره.

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

6. **تفكيرٌ ناقد:** أيونٌ موجبٌ شحنتهُ $(+e)$ يكمل 5 دوراتٍ في مجال مغناطيسيٌّ مُنتظمٍ $(5.0 \times 10^{-2}\ \mathrm{T})$ خلال مُدّةٍ زمنيّة (1.5 ms). أحسبُ كتلة الأيون بوحدة (kg).

لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

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

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

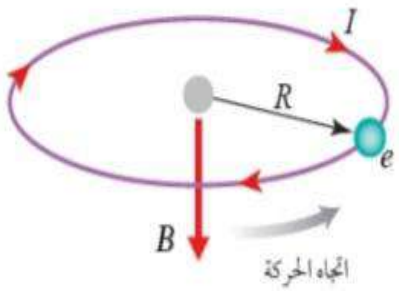
$$qB = \frac{m(20944)r}{r} = m(20944)$$

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

7. **أقارنُ:** كيف أستخدم جُسيمًا مشحونًا لتمييز منطقةٍ مُحدّدة؛ إن كانت منطقةَ مجالٍ مغناطيسيٌّ أم مجالٍ 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:** أفترضُ أنّ إلكترونَ ذرّة الهيدروجين يدور حول النواة (البروتون) في مسار دائريٍّ نصفُ قطره (5.3×10^{-11} m) تحت تأثير القوّة الكهربائيّة بينهما. تُشكّل حركةُ الإلكترون تيّارًا كهربائيًّا (اصطلاحيًّا) في حلقةٍ دائريّةٍ بعكس اتّجاه حركته، كما في الشكل. أحسبُ مقدار المجال المغناطيسيّ (B) الناتج عن هذه الحركة؛ علمًا أنّ الزمن الدوري لحركة الإلكترون (1.46×10^{-16} s).

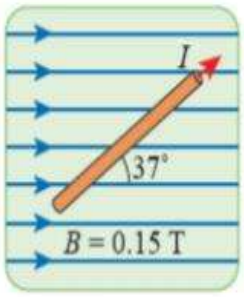


التيار يساوي كمية الشحنة التي تعبر نقطة محددة في مدار الإلكترون مقسومة على المدة الزمنية:

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

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

9. موصلٌ مستقيمٌ يحملُ تيارًا كهربائيًّا (8 A) داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ منتظمٍ كما في الشكل المجاور. أحسبُ مقدار القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها المجال المغناطيسيّ في وحدة الأطوال من الموصل، وأحدّدُ اتّجاهها.



القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الاطوال من السلك:

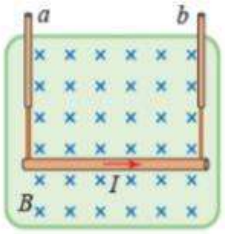
$$F_B = IBL \sin\theta = 8 \times 0.15 \times 1 \times \sin 37 = 1.2 \times 0.6 = 0.72\ \text{N}$$

10. ملفٌّ دائريٌّ نصفُ قطره (6 cm)؛ يتكوّن من (20) لفّةً ويحمل تيّارًا كهربائيًّا (12 A). معلّقٌ رأسيًّا في مجالٍ مغناطيسيٍّ أُفقيٍّ مُنتَظم، مقدارهُ (0.4 T) تصنعُ خطوطه زاوية (30°) مع العمودي على مستوى الملفّ. أجدُ مقدار عزم الازدواج الذي يؤثّر به المجال المغناطيسيّ المُنتَظم 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. موصلٌ للكهرباء مستقيمُ الشكل طولهُ (0.45 m) وكتلتهُ (60 g)، في وضعٍ أُفقيٍّ مُعلّقٍ بواسطة سلكين رأسيين (a,b) ينقُلان له تيّارًا كهربائيًّا مقداره (5 A). حيث ($g = 9.8\ m/s^2$).

أ) المجال المغناطيسي الذي يجعل الشد صفرًا:

$$T = F_B - F_W = 0$$

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

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

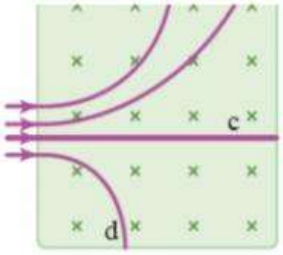
ب) مجموع الشد عندما ينعكس اتجاه المجال:

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

12. يصلُ سلكان نحاسيان في السيارة بين البطّارية وبادئ الحركة (السلف)، عند التشغيل يمرُّ في السلكين تيّارٌ (300 A)«مدّةً قصيرة». ما مقدار القوّة المُتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، بافتراض أنّهما متوازيان والمسافةُ الفاصلةُ بينهما (4 cm)؟ وهل تكون هذه القوّة تجاذبًا أم تنافرًا؟

القوة المتبادلة بين وحدة الاطوال للسلكين في السيارة:

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



13. دخلت أربعة جُسيماتٍ (a,b,c,d) منطقة مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتَظم بسرعاتٍ متساويةٍ وباتّجاهٍ عموديٍّ على خطوطه كما في الشكل. أُحدّد أيًّا من هذه الجُسيمات يحملُ شحنةً موجبةً وأيُّها يحمل شحنةً سالبة وأيّها لا يحمل شحنة، ثم أرتّب الجُسيمات a, b, d تصاعُديًّا 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 كتلها:

$$m_d < m_a < m_b$$

14. ملفٌّ دائريٌّ من سلكٍ نُحاسيٍّ عددُ لفّاته (80)، نصفُ قُطر كُلٍّ منها (10 cm)، ويحمل تيّارًا كهربائيًّا (5 A). أحسبُ مقدارَ المجال المغناطيسيّ في مركز الملفّ.

المجال في مركز الملف الدائري:

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

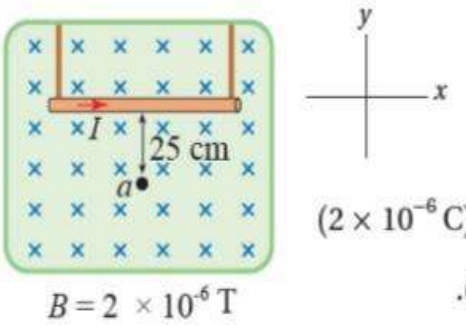
15. ملفٌّ دائريّ يتكوّن من (100) لفّةٍ من سلكٍ نُحاسيٍّ يسري فيه تيارٌ كهربائيٌّ (20 A)، وُضِعَ في مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتَظم (0.3 T)، بحيثُ كانت الزاوية بين مُتّجه مساحة الملفّ وخطوط المجال المغناطيسيّ (45°)؛ فتأثّر بعزمٍ مقدارهُ (21.3 Nm). أجدُ مساحة الملفّ.

$$\tau = NIAB\sin\theta = NIAB\sin 45$$
$$\tau = (100 \times 20 \times 0.3 \times 0.71)A = 21.3\ \text{N.m}$$
$$A = \frac{21.3}{426} = 0.05\ \text{m}^2$$

16. يتحرّكُ بروتونٌ في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطره (12 cm) داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتَظمٍ مقدارهُ (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 طولهُ (60 cm) يحملُ تيّارًا كهربائيًّا (4 A)؛ معلّقٌ أفقيًا داخل مجالٍ مغناطيسيّ كما في الشكل.



اعتمادًا على بيانات الشكل؛ أحسب ما يأتي:

أ. المجالُ المغناطيسيُّ المُحصّل عند النقطة (a).

ب. مقدارُ القوّةُ المغناطيسيّةُ المؤثّرة في الموصل المستقيم.

جـ. القوّةُ المغناطيسيّةُ المُحصّلةُ المؤثّرة في جُسيمٍ شحنتهُ موجبةٌ مقدارُها $(2 \times 10^{-6}\ \text{C})$ لحظةَ مروره بالنقطة (a) بسرعة $(6 \times 10^4\ \text{m/s})$ باتّجاه محور $(-y)$.

أ) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a):

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.25} = 3.2 \times 10^{-6}\ \text{T}$$
$$B = B_1 + B_2 = 2 \times 10^{-6} + 3.2 \times 10^{-6} = 5.2 \times 10^{-6}$$

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة 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 المؤثرة في الجسيم المشحون:

$$F = qvB\sin\theta = 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 \times 5.2 \times 10^{-6} \times 1 = 6.24 \times 10^{-7}\ \text{N}$$