الوحدة الرابعة

المجال المغناطيسي

إعداد الأستاذ

علاء عواد

0788817681

القسم الأول

المجال المغناطيسي

تمهيد...

تعرّف الإنسان على المغناطيسيّة في الطبيعة؛ **فمعدنُ المغنتيت** مادة ممغنطة طبيعية، عندما علقت قطعة منها تعليقًا حرا في الهواء أخذت تدور حتى استقرّت باتجاه شمال-جنوب.

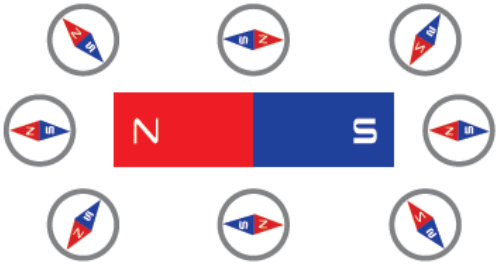
خصائص المغناطيس

1. يتكون المغناطيس من قطبان **شمالي وجنوبي**
2. لا يمكن العثور على مغناطيس بقطب منفرد
3. الأقطاب المتشابهة **تتنافر** والاقطاب المختلفة **تتجاذب**.
4. يؤثر المغناطيش **بقوة عن بعد** في أي قطعة من مادة مغناطيسية قريبة منه
5. القوّة المغناطيسيّة قوة تأثير عن بعد (دون تلامس)

مفهوم المجال المغناطيسيّ

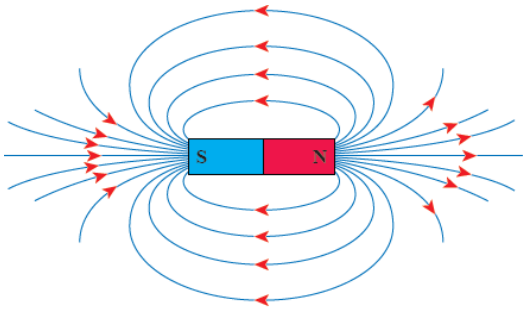
التعريف

المجال المغناطيسي: هو خصيصة للحيز المحيط بالمغناطيس ويظهر أثره على شكل قوى مغناطيسية تؤثر في المغانط الأخرى والمواد المغناطيسية التي توضع في هذا الحيز .



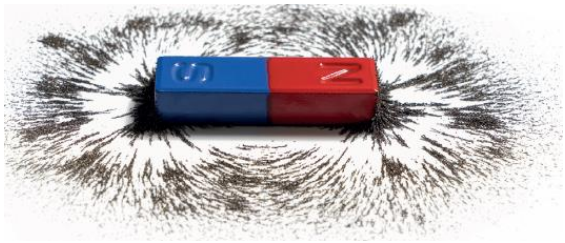
المجال المغناطيسي كمية متجهة يمكن تحديد اتجاهه عند نقطة ما بوضع بوصلة صغيرة عند تلك النقطة فتشير إبرتها إلى اتجاه المجال عند تلك النقطة كما في الشكل المجاور

خطوط المجال المغناطيسي



يُمثّل المجال المغناطيسيّ بخطوطٍ تعبّر عن مقداره واتجاهه كما في الشكل المجاور، حيث ان هذا الخطوط لها **الخصائص** الاتية

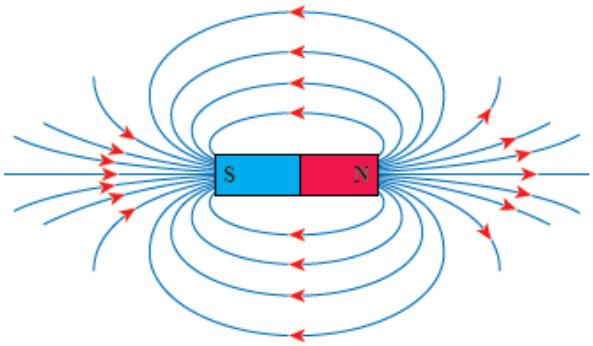
1. خطوط **وهمية مقفلة** تخرج من القطب الشمالي وتدخل القطب الجنوبي، وتكمل مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
2. **لا تتقاطع**؛ لأن للمجال المغناطيسيّ اتجاهٌ واحدٌ عند كل نقطة، يحدد باتجاه المماس لخط المجال
3. اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة.
4. يعبر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديا عليها



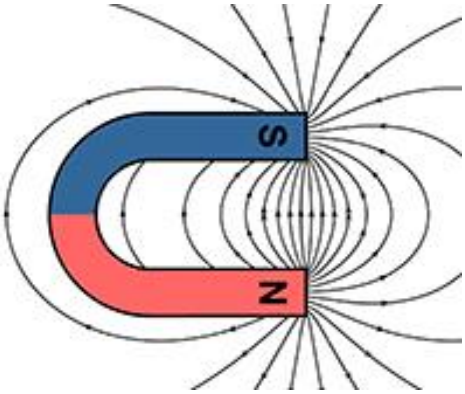
لرسم خطوط المجال المغناطيسي عملياً نستخدم كلاً مما يلي:

1. **برادة الحد يد** لتحديد شكل خطوط المجال
2. **بوصلة** لتحديد اتجاه المجال

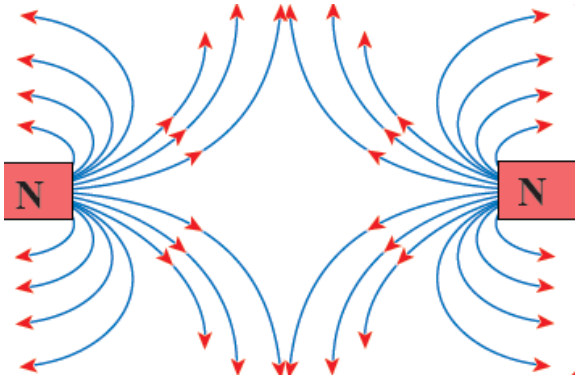
الأشكال التالية تمثل خطوط المجال المغناطيسي لعدة حالات مختلفة



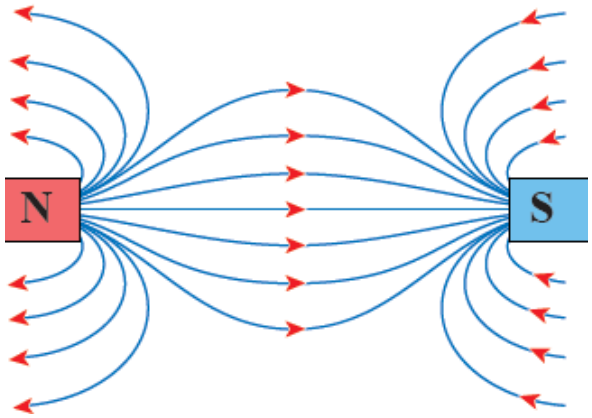
المغناطيس المستقيم



مغناطيس على شكل حرف (U)



تقابل قطبان متشابهان (شمالي – شمالي)



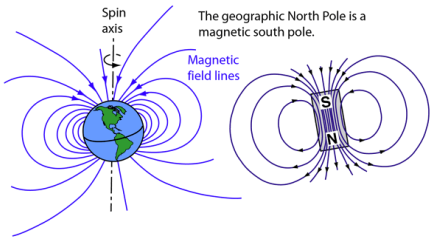
تقابل قطبان مختلفان (شمالي – جنوبي)

سؤال : هل القوّة المغناطيسيّة قوّة تلامس أم قوّة تأثير عن بعد ؟

الجواب : القوة المغناطيسية قوة تأثير عن بُعد، حيث يؤثر المجال المغناطيسي في المغانط الأخرى دون أن يحدث تلامس بينها

سؤال : اذكر امثلة على قوة التأثير عن بعد

الجواب : 1) القوة المغناطيسية 2) القوة الكهربائية 3) قوة الجذب الكتلي



عند تعليق مغناطيسٍ مُستقيمٍ بحيثُ يكون حُرّ الدوران؛ فإنّ قطبهُ الشماليّ يشيرُ نحو الشمال، بينما يشيرُ قطبه الجنوبيُّ نحو الجنوب. تجدُر الإشارة إلى أنّ القُطب المغناطيسيّ الشماليّ للأرض يقعُ بالقرب من قُطبها الجغرافيّ الجنوبيّ، والعكس صحيح

القسم الثاني

مصادر المجال المغناطيسي

تمهيد....

ينشأ المجال المغناطيسي عن مغناطيس، ويمكن أن يكون هذا المغناطيس

1) **مغناطيس طبيعي (دائم):** يصنع من مواد قابلةٍ للتمغنُط مثل؛ **الحديد**، **والنيكل**، **والكوبالت**، **والنيوديميوم**، حيثُ تُسمّى **موادَّ مغناطيسيّة**

2) **مغناطيس كهربائي** (**موصل يسري فيه تيار كهربائي**)

تجدر الإشارة إلى أن المغناطيس الطبيعي (الدائم) لا يمكن التحكم في المجال الناشئ عنه أما المغناطيس الكهربائي يمكن التحكم في المجال المغناطيسي الناشئ عنه وفي هذا الدرس سوف ندرس كيفية حساب مقدار واتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في موصل

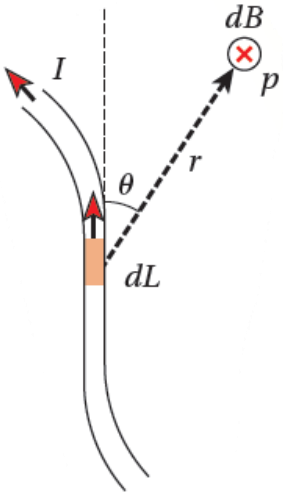
1 قانون بيو-سافار

لاحظ العالم **أورستد** أن الشحنة الكهربائية ينشأ عنها مجال

1) **كهربائي** دائما سواء كانت ساكنة أم متحركة

2) **مغناطيسي** إذا كانت متحركة

ولإن التيار الكهربائي ما هو إلا حركة للشحنات الكهربائي داخل موصل فإن سريان تيار في موصل ينشأ عنه مجال مغناطيسي محيط بالموصل.



بعد ملاحظة أورستد جاء عالمان هما **جان بيو** و**فيليكس سافار** تابعا ابحاثهما على الموضوع نفسه وتوصلا تجريبيا إلى علاقة رياضية لحساب المجال المغناطيسي الذي يولده مرور تيار كهربائي في موصل وهو على النحو التالي

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

حيث (dB) مقدار المجال المغناطيسيّ عند النقطة (P)

(dL): طول قطعة صغيرة من موصلٍ (I) التيّار كهربائي

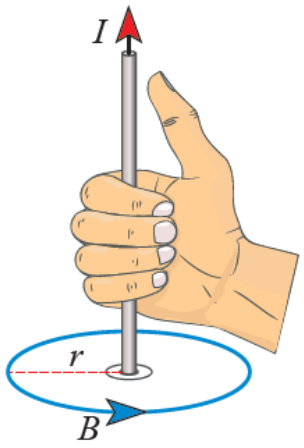
(r) مقدار المتجه الذي يمتد من (dL) إلى النقطة (P) (θ) الزاوية بين متجه الطول و (r)

(μ_o) ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) وقيمته $(4\pi \times 10^{-7} T.m/A)$

ويعبر مقدار النفاذيّة المغناطيسيّة عن قابلية الوسط لتدفّق خطوط المجال المغناطيسيّ خلاله. حيث تكونُ أقلّ نفاذيّةً للفراغ وأكبرُها للحديد والموادّ المغناطيسيّة الأُخرى.

2 المجال المغناطيسي لموصل مستقيم لا نهائي الطول

باستخدام حسابات التكامل في الرياضيات على قانون بيو-سافار نجد أن مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم لا نهائي الطول يعطى بالقانون التالي:



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

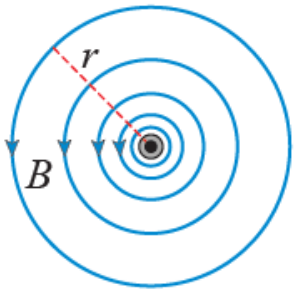
حيث إن:

(B) تمثل مقدار المجال الناشئ بوحدة **تسلا (T)**

(μ_o) النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) وتساوي $(4\pi \times 10^{-7} T.m/A)$

(I) مقدار التيار الكهربائي المار في الموصل

(r) المسافة **العمودية** بين الموصل والنقطة المراد حساب المجال عندها



شكل المجال المغناطيسي للموصل المستقيم

يكون المجال المغناطيسي الناشئ حول الموصل المستقيم على شكل

1) حلقات دائرية متحدة في المركز (مركزها الموصل نفسه)
2) مستواها عمودي على طول الموصل

لاحظ أن خطوط المجال تتباعد عن بعضها البعض كلما ابتعدنا عن الموصل وهذا يدل على أن مقدار المجال المغناطيسي يقل كلما ابتعدنا عن الموصل

العوامل التي يعتمد عليها مقادر المجال

1) مقدار التيار المار في الموصل (طردياً)
2) بعد النقطة عن الموصل (عكسيا)
3) النفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالموصل (طرديا)

تحديد اتجاه المجال المغناطيسي للموصل المستقيم

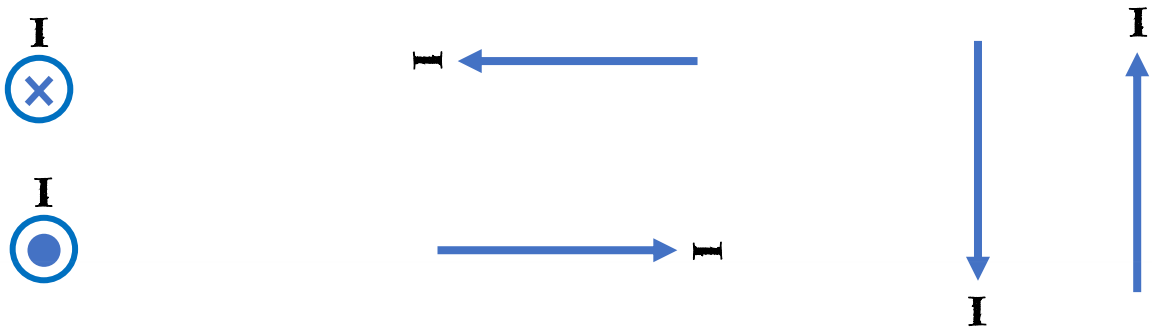
لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي لموصل مستقيم نستخدم قاعدة اليد اليمنى، بحيث

1) أمسك الموصل بيدي اليمنى واضعا الإبهام باتجاه التيار
2) فيشير اتجاه دوران باقي أصابعي إلى اتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل

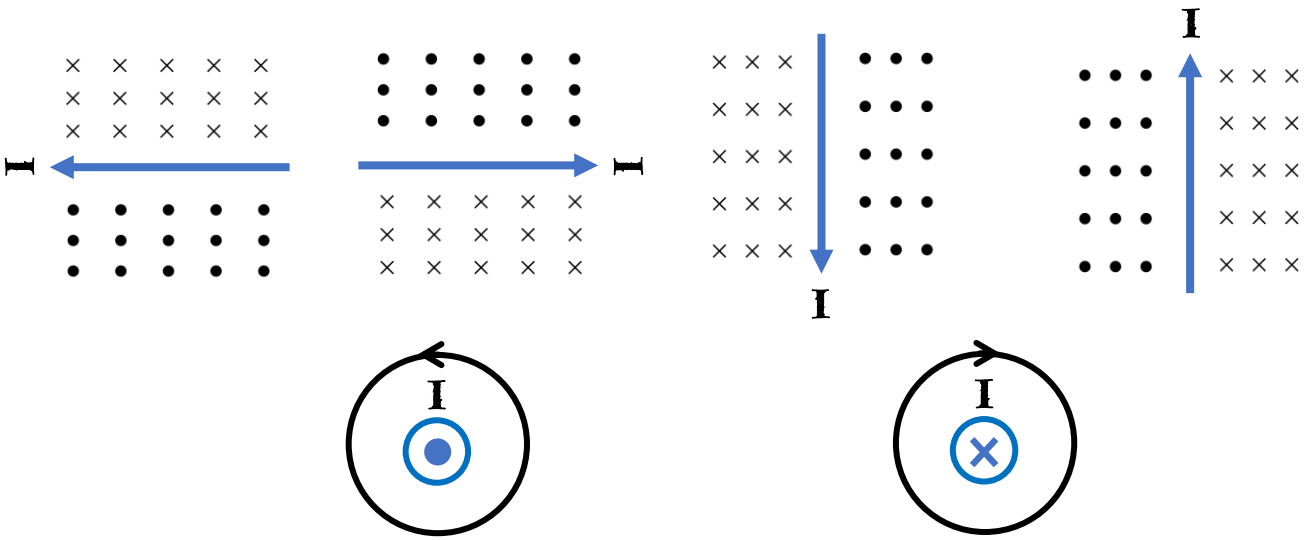
مرور التيار في الموصل المستقيم ينشأ عنه مجال مغناطيسي حول الموصل ولا ينشأ مجال مغناطيسي على الموصل نفسه ولا على امتداده لإن مقدار الزاوية (θ) من قانون بيو-سافار تساوي في هذه الحالة $(0)\ or\ (180)$

مثال (1)

حدد اتجاه المجال المغناطيسي لكل من الموصلات التالي:



الحل

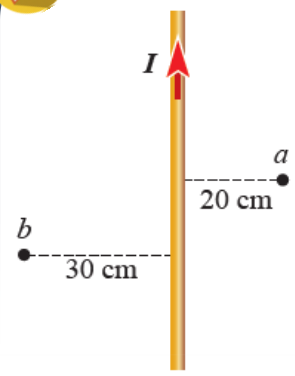


مثال (2)

سلكٌ مستقيمٌ لا نهائيُّ الطول يحمل تيّارًا كهربائيًّا مقدارهُ $(3A)$ بالاعتماد على الشكل المجاور جدْ:

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

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



الحل

1)

$$B=\frac{\mu I}{2\pi r_a}=\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(3)}{2\pi\left(2\times10^{-1}\right)}=3\times10^{-6}\,\mathrm{T}\ ,\ \mathrm{z}-$$

2)

$$B=\frac{\mu I}{2\pi r_b}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(3)}{2\pi(3\times10^{-1})}=2\times10^{-6}\,\mathrm{T}\ ,\ z+$$

مثال (3)

موصلٌ مستقيم لا نهائي الطول موضوع على سطح أُفقي يحمل تيّارًا كهربائيا $(50A)$ يتجه من الشمال إلى الجنوب؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على السطح تبعد $(2.5m)$ إلى الشرق من الموصل وأُحدد اتجاهه.

الحل

$$B=\frac{\mu I}{2\pi r}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times50}{2\pi\times2.5}=4\times10^{-6}T\quad,\quad Z+$$

مثال (4)

خط علوي أفقي ناقل للكهرباء يرتفع عن سطح الأرض $(10m)$ ، ويحمل تيارا كهربائيا $(90A)$ باتجاه الشرق. أحسب مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن الخط الناقل وأحدد اتجاهه في نقطتين تحت الخط الناقل:

1- النقطة الأولى على بعد $(1.5m)$ منه.

2- النقطة الثانية على سطح الأرض.

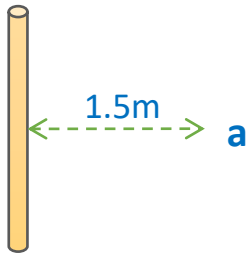
1)

$$B=\frac{\mu I}{2\pi r}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times90}{2\pi\times1.5}=120\times10^{-7}\,T\quad,\quad z-$$

$$B=\frac{\mu I}{2\pi r}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times90}{2\pi\times10}=18\times10^{-7}\,T\quad,\quad z-$$

مثال (5)

بالاعتماد على الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (a) مقداره $(3\times10^{-7}T)$ باتجاه داخل إلى الصفحة. جد مقدار واتجاه التيار المار في الموصل.



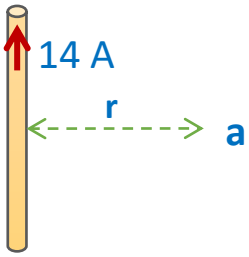
الحل

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

$$3\times10^{-7}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times I}{2\pi\times1.5}\quad\Rightarrow\Rightarrow\quad I=2.25A$$

وحسب قاعدة اليد اليمنى فإن اتجاه التيار نحو الأعلى

مثال (6)



بالاعتماد على الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (a) مقداره $\left(7\times10^{-5}T\right)$. جد بعد النقطة (a) عن الموصل.

الحل

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

$$7\times10^{-5}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times14}{2\pi\times r}\quad\Rightarrow\Rightarrow\quad r=4cm$$

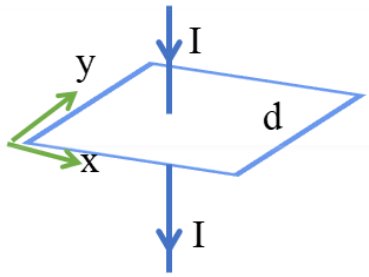
مثال (7)

صف شكل خطوط المجال المغناطيسي حول موصل مستقيم لا نهائي الطول يحمل تيارا كهربائيا، وأبين كيف أحدد اتجاهه عند نقطة

الحل

تشكل خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول الموصل، تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن الموصل، ويمكن تحديد اتجاه المجال عند أي نقطة فيه برسم مماس لخط المجال عند تلك النقطة .

مثال (8)

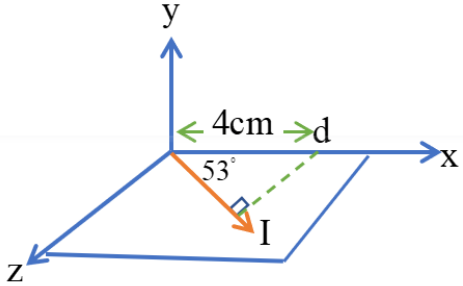


موصل مستقيم لا نهائي الطول يسري به تيار كهربائي مقداره $(0.5A)$ باتجاه المحور $(z-)$ كما في الشكل المجاور أوجد المجال المغناطيسي (مقدار واتجاها) الناشئ عند النقطة (d) التي تبعد $(0.02\,m)$ عن محور الموصل

الحل

$$B=\frac{\mu_{\circ} I}{2\pi r}=\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(0.5)}{2\pi(0.02)}=5\times10^{-6}T\quad,\quad y-$$

مثال (9)



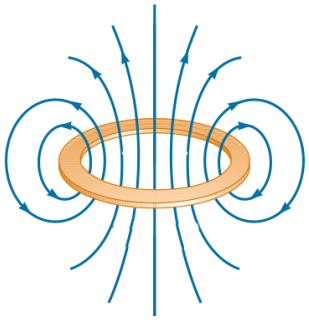
اعتمادا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور والذي يوضح موصلا مستقيماً يمر فيه تيار كهربائي (8A) فإن مقدار المجال المغناطيسي بالتسلا عند النقطة (d) هو

(أ) 5×10^{-5} (ب) 3×10^{-5}

(جـ) 4×10^{-5} (د) 1×10^{-5}

3 المجال المغناطيسي لملف دائري

باستخدام حسابات التكامل في الرياضيات على قانون بيو-سافار نجد أن مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف دائري عند **مركز الملف** يعطى بالقانون التالي:



$$B = \frac{N\mu_o I}{2R}$$

حيث إن:

(B) تمثل مقدار المجال الناشئ بوحدة **تسلا (T)**

(μ_o) النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) وتساوي $(4\pi \times 10^{-7} T.m/A)$

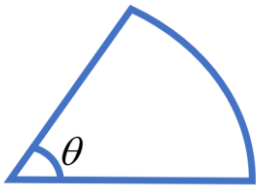
(I) مقدار التيار الكهربائي المار في الملف الدائري

(R) نصف قطر الملف الدائري

(N) عدد لفات الملف الدائري

إيجاد مقدار عدد اللفات لقوس

إذا كان الموصل يشكل دائرة غير مكتملة (قوس) فإن مقدار عدد اللفات (N) يحسب من القانون التالي



$$N = \frac{\theta}{360}$$

حيث (θ) تمثل قياس الزاوية المركزية **بالدرجات** كما في الشكل المجاور

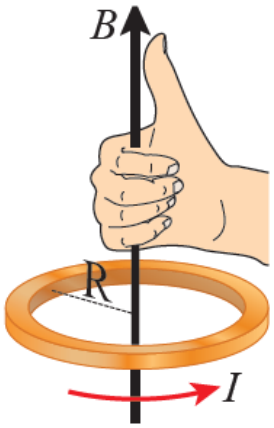
العوامل التي يعتمد عليها مقادر المجال

1) النفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالموصل (طرديا)
2) عدد لفات الملف (طرديا)
3) التيار المار في الملف (طرديا)
4) نصف قطر الملف (عكسيا)

تحديد اتجاه المجال المغناطيسي للموصل المستقيم

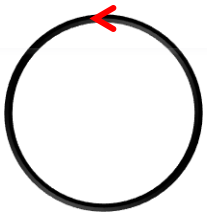
لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي لملف دائري نستخدم قاعدة اليد اليمنى، بحيث

1) تشيرُ أصابع اليد الأربعة إلى اتّجاه التيّار في الملفّ
2) فيشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي عند **مركز الملفّ**.



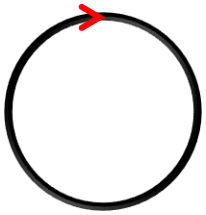
مثال (1)

حدد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في لكل من الملفات الدائرية الاتية


(1)

(3)

(5)


(2)

(4)

(6)

الحل

الشكل (1) --> خارج من الصفحة $(+z)$

الشكل (2) --> داخل إلى الصفحة $(-z)$

الشكل (3) --> نحو الأسفل $(-y)$

الشكل (4) --> نحو الأعلى $(+y)$

الشكل (5) --> نحو اليسار $(-x)$

الشكل (6) --> نحو اليمين $(+x)$

مثال (2)

ملف دائري من سلكٍ نحاسي عددُ لفاته (100) ، نصفُ قطر كل منها $(8cm)$ ، ويحمل تيارا كهربائيا $(0.4A)$. أحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف.

الحل

$$B=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{100\times 4\pi\times 10^{-7}\times 0.4}{2\times 8\times 10^{-2}}=\pi\times 10^{-4}T$$

مثال (3)

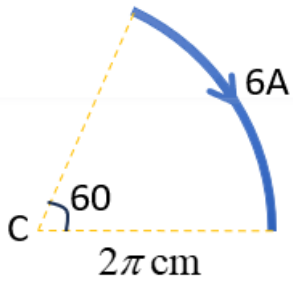
ملفٌّ دائريٌّ من سلكٍ نُحاسيٍّ عددُ لفّاته (80) ، نصفُ قُطر كُلٍّ منها $(10cm)$ ويحمل تيّارًا كهربائيًّا $(5A)$ أحسبُ مقدارَ المجال المغناطيسيّ في مركز الملفّ.

الحل

$$B=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{80\times 4\pi\times 10^{-7}\times 5}{2\times 1\times 10^{-1}}=8\pi\times 10^{-4}T$$

مثال (4)

بالاعتماد على البيانات في الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



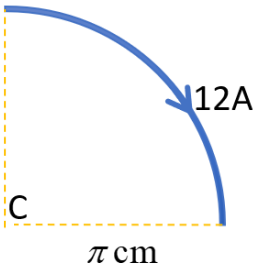
الحل

$$N=\frac{\theta}{360}=\frac{60}{360}=\frac{1}{6}$$

$$B_c=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{\frac{1}{6}\times\left(4\pi\times10^{-7}\right)(6)}{2\times\left(2\pi\times10^{-2}\right)}=1\times10^{-5}T \quad , \quad Z-$$

مثال (5)

بالاعتماد على البيانات في الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



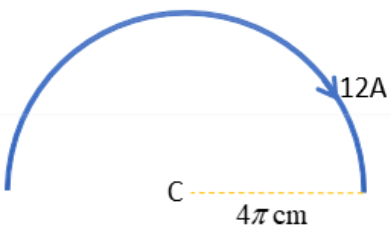
الحل

$$N=\frac{\theta}{360}=\frac{90}{360}=\frac{1}{4}$$

$$B_c=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{\frac{1}{4}\times\left(4\pi\times10^{-7}\right)(12)}{2\times\left(\pi\times10^{-2}\right)}=6\times10^{-5}T \quad , \quad Z-$$

مثال (6)

بالاعتماد على البيانات في الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



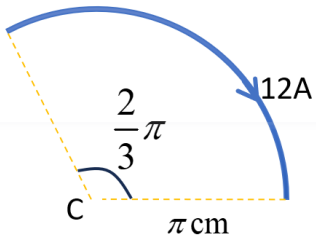
الحل

$$N=\frac{\theta}{360}=\frac{180}{360}=\frac{1}{2}$$

$$B_c=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{\frac{1}{2}\times\left(4\pi\times10^{-7}\right)(12)}{2\times\left(4\pi\times10^{-2}\right)}=3\times10^{-5}T \quad , \quad Z-$$

مثال (7)

بالاعتماد على البيانات في الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



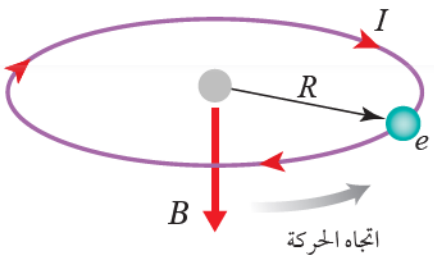
الحل

$$N=\frac{\theta}{2\pi}=\frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi}=\frac{1}{3}$$

$$B_c=\frac{N\mu I}{2R}=\frac{\frac{1}{3}\times\left(4\pi\times10^{-7}\right)(12)}{2\times\left(\pi\times10^{-2}\right)}=8\times10^{-5}T \quad , \quad Z-$$

مثال (8)

أفترض أن إلكترون ذرة الهيدروجين يدور حول النواة (البروتون) في مسار دائري نصف قطره $\left(5.3\times10^{-11}m\right)$ تحت تأثير القوة الكهربائية بينهما. تشكل حركة الإلكترون تيارا كهربائيا (اصطلاحيا) في حلقة دائرية بعكس اتجاه حركته، كما في الشكل. أحسب مقدار المجال المغناطيسي (B) الناتج عن هذه الحركة؛ علمًا بأن الزمن الدوري لحركة الإلكترون $\left(1.46\times10^{-16}s\right)$

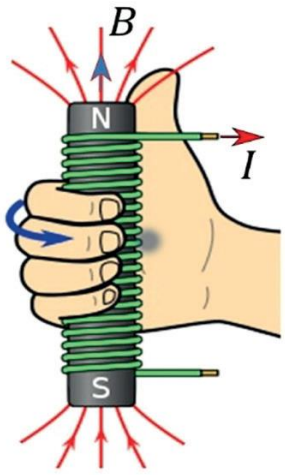


الحل

$$I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{1.6\times10^{-19}}{1.46\times10^{-16}}=1.1\times10^{-3}A$$

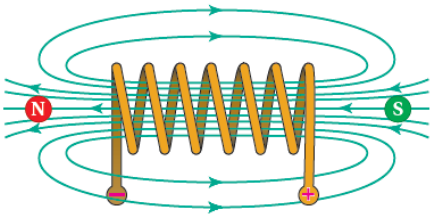
$$B=\frac{\mu IN}{2R}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times1.1\times10^{-3}\times1}{2\times5.3\times10^{-11}}=13T$$

4 المجال المغناطيسي لملف لولبي



الملف اللولبي سلك موصلٌ ملفوفٌ في حلقات دائرية **متراصة معزولة** عن بعضها بعضا، ويأخذ الملف شكلاً أسطوانيا كما في الشكل المجاور

باستخدام حسابات التكامل في الرياضيات على قانون بيو-سافار نجد أن مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف لولبي **على امتداد المحور داخل الملف وبعيدا عن طرفيه** يعطى بالقانون التالي:



$$B = \frac{N \mu_o I}{\ell}$$

حيث إن:

(B) تمثل مقدار المجال الناشئ بوحدة **تسلا (T)**

(μ_o) النفاذية المغناطيسية للفراغ (أو الهواء) وتساوي $(4\pi \times 10^{-7} T.m/A)$

(I) مقدار التيار الكهربائي المار في الملف الدائري

(ℓ) طول الملف اللولبي

(N) عدد لفات الملف اللولبي

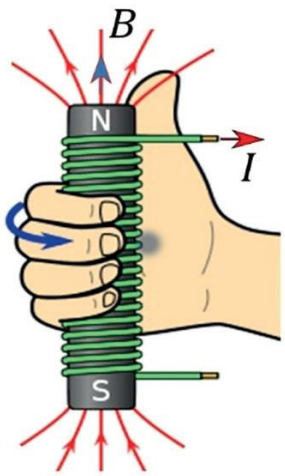
صورة أخرى للقانون

يمكن إعادة كتابة قانون الملف اللولبي بالصوة التالي $B = \mu_o In$

حيث (n) تمثل عدد اللفات في وحدة الطول وتساوي حاصل قسمة عدد اللفات على الطول $n = \frac{N}{l}$

العوامل التي يعتمد عليها مقادر المجال

1) النفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالموصل (طرديا)
2) عدد لفات الملف (طرديا)
3) التيار المار في الملف (طرديا)
4) طول الملف (عكسيا)

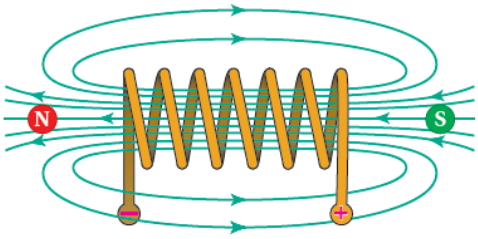


تحديد اتجاه المجال المغناطيسي للموصل المستقيم

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي لملف لولبي نستخدم قاعدة اليد اليمنى، بحيث

1) تشيرُ أصابع اليد الأربعة إلى اتّجاه التيّار في الملفّ
2) فيشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف.

اقطاب المجال المغناطيسي لملف لولبي



يشبه المجال المغناطيسي للملف اللولبي المجال الناشئ عن مغناطيس مستقيم بحيث أن

قطبه الشمالي : عند جهة خروج خطوط المجال من الملف

قطبه الجنوبي : عند جهة دخول خطوط المجال إلى الملف

ملاحظة

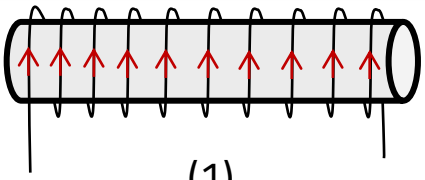
يعد المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي وبعيدا عن طرفيه **منتظما** عندما

1) تكون حلقات الملف اللولبي متراصة

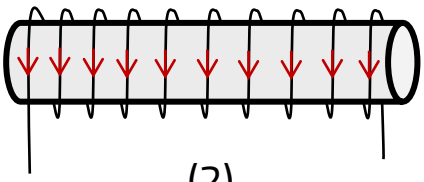
2) طوله أكبر بكثير من قطره

مثال (1)

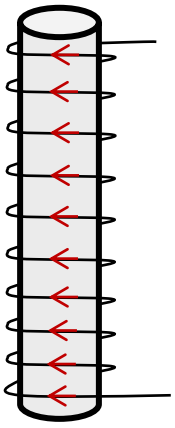
حدد اتجاه المجال المغناطيسي في كل من الحالات التالية



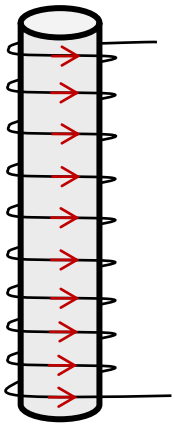
(1)



(2)



(4)



(3)

الشكل (1) --> نحو اليسار $(x-)$

الشكل (2) --> نحو اليمين $(x+)$

الشكل (3) --> نحو الأعلى $(y+)$

الشكل (4) --> نحو الأسفل $(y-)$

مثال (2)

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

الحل

$$B=\frac{N\mu I}{\ell}=\frac{500\times 4\pi\times 10^{-7}\times 11}{0.5}$$
$$=44\pi\times 10^{-4}\,T$$

مثال (3)

بالاعتماد على العلاقة الرياضية الخاصة بالمجال المغناطيسي داخل ملف لولبي يسري فيه تيّار كهربائيّ؛ بيّنْ أثر كُلٍّ ممّا يأتي في مقدار المجال المغناطيسيّ داخله:

1- مضاعفة عدد اللّفات فقط.

2- مضاعفة طول الملفّ فقط.

3- مضاعفة عدد اللّفات وطول الملفّ معًا.

الحل

1) عند مضاعفة عدد لفات الملف يتضاعف مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عنه

2) عند مضاعفة طول الملف يقل مقدار المجال المغناطيسي إلى النصف

3) لا يتغير مقدار المجال المغناطيسي

مثال (4)

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

الحل

$$B=n\mu I$$
$$(1.4\times 10^{-2})=1400\times 4\pi\times 10^{-7}\times I$$
$$I=7.96A$$

مثال (5)

أحسبُ عدد اللّفات في ملفٍّ لولبيّ طولهُ $(3\pi\ cm)$ يولّد بداخله مجالاً مغناطيسيًّا مقدارهُ $(2\times10^{-3}T)$ عند مرور تيّار $(1.5A)$ فيه.

الحل

$$B=\frac{N\mu I}{\ell}$$

$$2\times10^{-3}=\frac{N(4\pi\times10^{-7})(1.5)}{3\pi\times10^{-2}}$$

$$N=100$$

مثال (6)

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

الحل

$$B=\frac{N\mu I}{\ell}=\frac{400\times4\pi\times10^{-7}\times8}{6\times10^{-1}}=\frac{6400\pi}{3}\times10^{-6}T$$

مثال (7)

ملف دائري نصف قطره (R) وعدد لفاته (N) ويمر به تيار كهربائي (I) سحب من طرفيه باتجاه عمودي على سطحه بحيث أصبح ملفا لولبيا احسب طول الملف اللولبي بدلالة (R) الازم لجعل المجال المغناطيسي على محوره بعيدا عن الاطراف مساويا نصف المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري

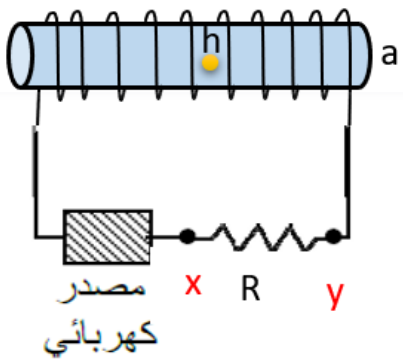
الحل

$$B_1=\frac{1}{2}B_2$$

$$\frac{N\mu_\circ I}{l}=\frac{1}{2}\times\frac{N\mu_\circ I}{2R}\quad\Rightarrow\Rightarrow\quad\frac{1}{l}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2R}\quad\Rightarrow\Rightarrow\quad l=4R$$

مثال (8)

في الشكل المجاور ملف لولبي طوله $(\pi\times10^{-2}m)$ وعدد لفاته (50)لفة متصل مع مقاومة (R) ومصدر كهربائي وعند مرور تيار في الملف تكون مجال مغناطيسي عند النقطة (h) التي تقع على محور الملف مقدارها $(12\times10^{-2}T)$ بحيث تكون على الطرف (a) قطب مغناطيسي جنوبي أوجد مقدار واتجاه التيار المار في المقاومة (R)



الحل

$$B=\frac{N\mu_{\circ}I}{l}$$

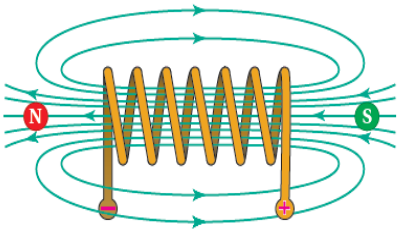
$$\left(12\times10^{-2}\right)=\frac{(50)\left(4\pi\times10^{-7}\right)I}{\left(\pi\times10^{-2}\right)} \Rightarrow\Rightarrow \quad I=60A$$

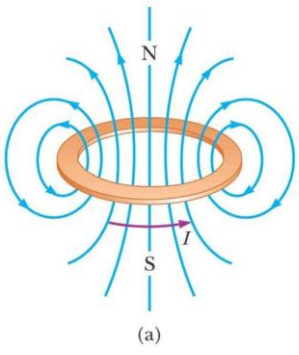
والاتجاه حسب قاعدة اليد اليمنى فإن التيار يتحرك عبر المقاومة من النقطة (x) إلى النقطة (y)

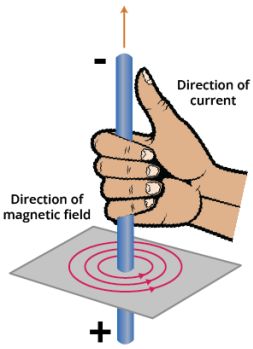
مخلص القوانين....

مصادر المجال

موصل مستقيم	ملف دائري	ملف لولبي
$B=\frac{\mu I}{2\pi r}$	$B=\frac{N\mu I}{2R}$	$B=\frac{N\mu I}{\ell}$







©2004 Thomson - Brooks/Cole

$$N=\frac{\theta_{(\deg)}}{360} \ or \ N=\frac{\theta_{(rad)}}{2\pi}$$

تذكر ان جميع القوانين السابقة ناتجة من اجراء التكامل على قانون بيو-سافار

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

5 المجال المغناطيسي المحصل

تمهيد...

تعلمنا إلى الان إيجاد المجال المغناطيسي الناشئ عن **موصل مستقيم** ، **ملف دائري** و**ملف لولبي** والان سنتعلم كيفية إيجاد المجال المغناطيسي عند نقطة تقع **تحت تأثير أكثر من مصدر**.

خطوات إيجاد المجال المغناطيسي المحصل

عندما تتعرض نقطة ما لعدة مجالات مغناطيسية من مصادر مختلفة فإن محصلة المجال عند تلك النقطة تعطى بالخطوات التالية:

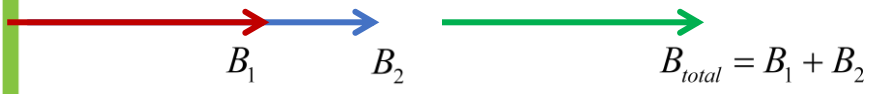
1) حدد مصادر المجال المؤثرة على النقطة وهي

1) **مجال خارج (يعطى مقداره واتجاهه من السؤال)**
2) **موصل مستقيم**
3) **ملف دائري**
4) **ملف لولبي**

2) جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي لكل مصدر لوحده

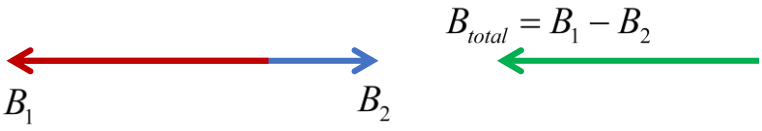
3) جد محصلة المجال على النحو التالي:

1) المجال في نفس الاتجاه تجمع

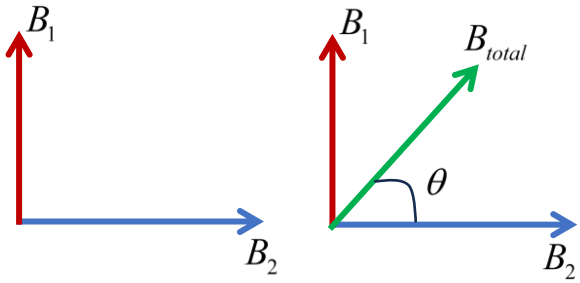


2) المجال في الاتجاه المتعاكسة تطرح

(المجال الأكبر – المجال الأصغر)



3) المجالات المتعامدة نستخدم قاعدة فيثاغورس

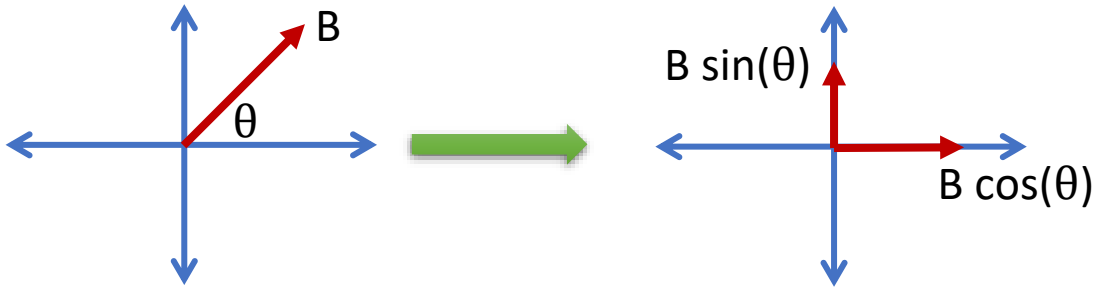


$$B_{total} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{B_1}{B_2}$$

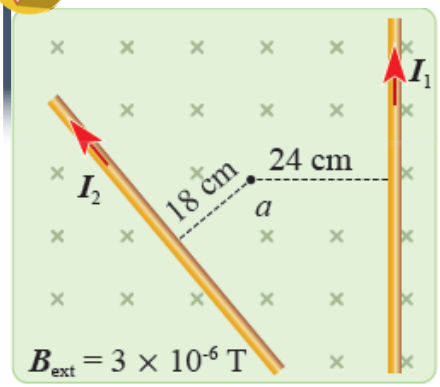
تحليل المتجهات:

إذا كان إحدى المجالات لا ينطبق على أحد المحاور الرئيسية نحلل متجه المجال قبل إيجاد المحصلة كما يلي:



مثال (1)

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



الحل

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi r_1} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(6)}{2\pi \times 24 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-6} T \quad , Z+$$

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi r_2} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(6)}{2\pi \times 18 \times 10^{-2}} = \frac{20}{3} \times 10^{-6} T \quad , Z-$$

$$B_{ext} = 3 \times 10^{-6} T \quad , Z-$$

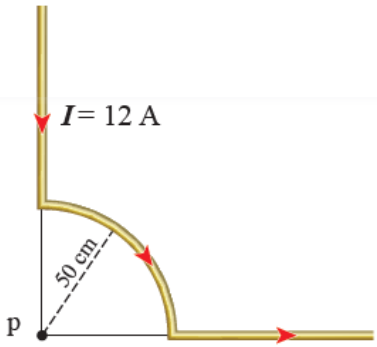
$$B_a = B_{ext} + B_2 - B_1$$

$$B_a = \left(\frac{20}{3} + 3 - 5\right) \times 10^{-6}$$

$$B_a = \frac{14}{3} \times 10^{-6} T \ , \ Z-$$

مثال (2)

يتكوّن سلكٌ من جزءٍ يشكّل ربع دائرةٍ نصفُ قطرها $(0.5m)$ ، وجزأين مستقيمين لا نهائي الطول، كما في الشكل المجاور أحسبُ مقدار المجال المغناطيسيّ عند النقطة (P) وأحدّدُ اتّجاهه.

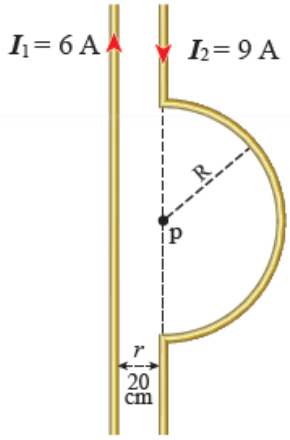


الحل

$$B_P = \frac{N\mu I}{2R}$$

$$B_P = \frac{\frac{1}{4} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2(5 \times 10^{-1})} = 1.2\pi \times 10^{-6} T \quad , \quad Z-$$

مثال (3)



سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول؛ يحتوي أحدهما على نصف حلقةٍ مركزُها (P) ونصف قطرها $(0.2\pi\ m)$ ، كما في الشكل المجاور جدْ المجال المغناطيسي المُحصّل عند النقطة (P) وأحدّدْ اتّجاهه.

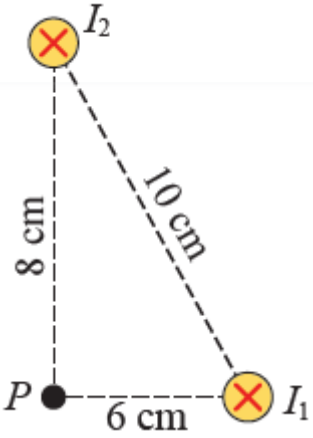
الحل

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 2 \times 10^{-1}} = 6 \times 10^{-6} T \quad , \quad Z-$$

$$B_2 = \frac{N \mu I}{2R} = \frac{0.5 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 9}{2 \times 2\pi \times 10^{-1}} = 4.5 \times 10^{-6} T \quad , Z-$$

$$B_P = B_1 + B_2 = 10.5 \times 10^{-6}\ T \quad , \ Z-$$

مثال (4)



موصلان مستقيمان متوازيان؛ يحملُ كلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا باتّجاهٍ داخلَ الصفحة، كما في الشكل. إذا كان تيّار الأول $(12A)$ ، وتيار الثاني $(40A)$ أحسبْ المجالَ المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة (P) مقدارًا واتّجاها.

الحل

$$B_1 = \frac{\mu I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 6 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} T \ , \ y+$$

$$B_2 = \frac{\mu I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 8 \times 10^{-2}} = 10 \times 10^{-5} T \ , \ y-$$

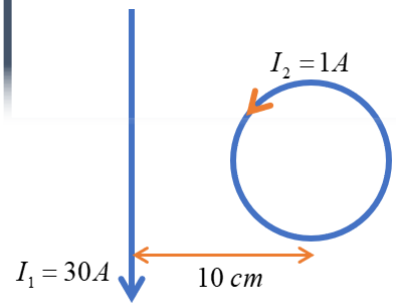
$$B_P = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{\left(4 \times 10^{-5}\right)^2 + \left(10 \times 10^{-5}\right)^2} = 10.8 \times 10^{-5} T$$

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

حيث:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B_1}{B_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4\times10^{-5}}{10\times10^{-5}}\right) = 21.8^{o}$$

مثال (5)



سلك لا نهائي الطول يحمل تيارا كهربائيا شدته $(30A)$ يقع على يمينه (وفي مستوى الصفحة) ملف دائري يتكون من (4) لفات متوسط نصف قطره $(\pi\ cm)$ ويحمل تيارا شدته $(1A)$ ويبعد مركزه $(10cm)$ عن محور السلك كما في الشكل المجاور احسب المجال المغناطيسي عند مركز الملف

الحل

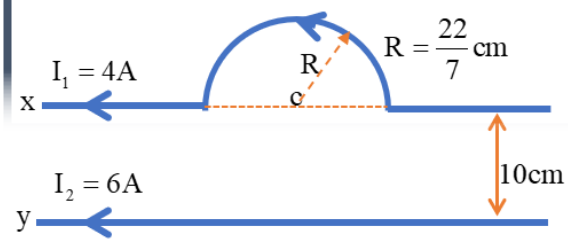
المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري يتأثر بمجالين هما:

$$B_1 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(30)}{2\pi(1\times10^{-1})} = 6\times10^{-5}\,T \quad , (z+)$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{(4)(4\pi\times10^{-7})(1)}{2(\pi\times10^{-2})} = 8\times10^{-5}\,T \quad , (z+)$$

$$B_{total} = B_1 + B_2 = 14\times10^{-5}\ T \quad , (z+)$$

مثال (6)



$(x\ ,\ y)$ سلكان لا نهائيان يقعان في مستوى الورقة كما هو مبين في الشكل جانبا اعتمادا على الشكل والمعلومات المثبتة عليه احسب المجال المغناطيسي الناشئ عن التيارين مقدارا واتجاها عند النقطة (c)

الحل

تتأثر النقطة (c) بمجالين هما:

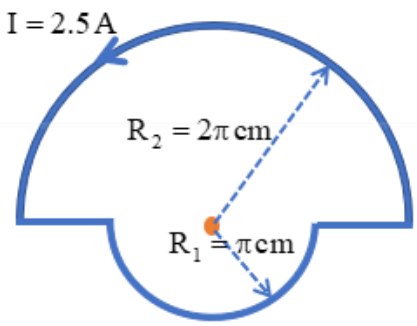
$$B_1 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(6)}{2\pi(1\times10^{-1})} = 12\times10^{-6}\ T \quad , (z-)$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)\left(4\left(\frac{22}{7}\right)\times10^{-7}\right)(4)}{2\left(\frac{22}{7}\times10^{-2}\right)} = 40\times10^{-6}\,T \quad ,(z+)$$

$$B_c = B_2 - B_1 = 28\times10^{-6}\,T \ , \quad (z+)$$

مثال (7)

اعتمادا على البيانات في الشكل المبين احسب المجال المغناطيسي في النقطة (c)



الحل

النقطة (C) تتأثر بمجالين هما:

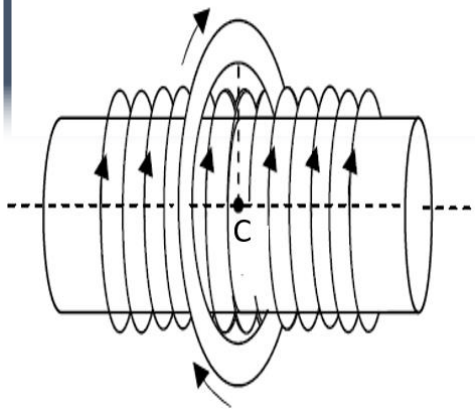
$$B_1 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)\left(4\pi\times10^{-7}\right)(2.5)}{2\left(2\pi\times10^{-2}\right)} = 1.25\times10^{-5}\,T\ ,\ (z+)$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)\left(4\pi\times10^{-7}\right)(2.5)}{2\left(\pi\times10^{-2}\right)} = 2.5\times10^{-5}\,T\ ,\ (z+)$$

$$B_C = B_1 + B_2 = 3.75\times10^{-5}\,T\ ,\ (z+)$$

مثال (8)

ملف لولبي عدد لفاته (25) لفة لكل $(1cm)$ من طوله، يمر فيه تيار كهربائي مقداره $(1A)$ لف حول وسطه ملف أخر دائري مركزه (C) ينطبق على محور الملف اللولبي فإذا كان عدد لفات الملف الدائري (40) لفة ونصف قطره $(2\pi cm)$ ، ويمر فيه تيار كهربائي مقداره $(2A)$ وبنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي كما في الشكل احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



الحل

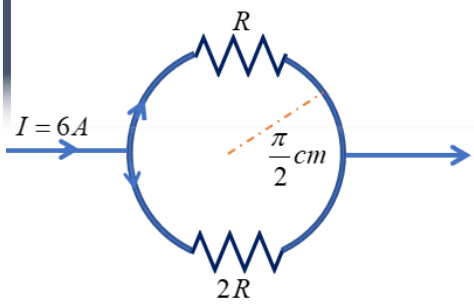
تتأثر النقطة (C) بمجالين (دائري، لولبي)

$$B_1 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{(40)\left(4\pi\times10^{-7}\right)(2)}{2\left(2\pi\times10^{-2}\right)} = 80\times10^{-5}\,T\ \ ,\ (-x)$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{L} = \frac{(25)\left(4(3.14)\times10^{-7}\right)(1)}{\left(1\times10^{-2}\right)} = 314\times10^{-5}\,T\ ,\ (-x)$$

$$B_C = B_1 + B_2 = 394\times10^{-5}\ \ T\ \ ,\ (-x)$$

مثال (9)



يمثل الشكل المجاور حلقة فلزية دائرية تتكون من لفة واحد فإذا علمت أن المقاومة الكهربائية للنصف السفلي من الحلقة يساوي مثلي المقاومة الكهربائية للنصف العلوي منها وبالاعتماد على الشكل وبياناته احسب المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة

الحل

من الشكل المقاومتين موصولتين على التوازي والمقاومة المكافئة لهما

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{2R} \Rightarrow\Rightarrow R_{eq}=\frac{2}{3}R$$

وبما أن تيار المقاومة المكافئة معروف يمكن معرفة جهد المقاومة المكافئة وجهد المقاومتين الاصليتين (خصائص توازي)

$$V_{eq}=IR_{eq}=6\times\frac{2}{3}R=4R$$

الان يمكن معرفة مقدار التيار المار في كلا المقاومتين

$$I_R=\frac{V_{eq}}{R}=\frac{4R}{R}=4A$$

$$I_{2R}=\frac{V_{eq}}{R}=\frac{4R}{2R}=2A$$

1) يتأثر مركز الحلقة بمجالين هما:

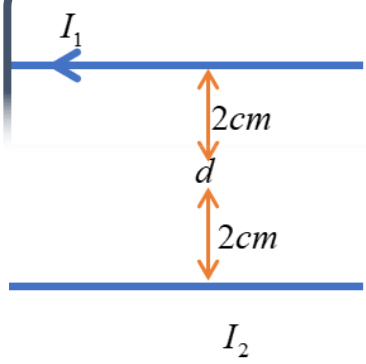
$$B_R=\frac{N\mu_\circ I_R}{2R}=\frac{(0.5)(4\pi\times10^{-7})(4)}{2\left(\frac{\pi}{2}\times10^{-2}\right)}=8\times10^{-5}T \quad , \quad (z-)$$

$$B_{2R}=\frac{N\mu_\circ I_{2R}}{2R}=\frac{(0.5)(4\pi\times10^{-7})(2)}{2\left(\frac{\pi}{2}\times10^{-2}\right)}=4\times10^{-5}T \quad , \quad (z+)$$

$$B_{Center}=B_R-B_{2R}=4\times10^{-5}T \quad , \quad (z-)$$

أسئلة عكسية

مثال (10)



سلكان مستقيان متوازيان لا نهائيا الطول في مستوى الصفحة يحملان تيارين $(I_2 \ , \ I_1 = 6A)$ كما في الشكل احسب مقدار واتجاه (I_2) ليصبح المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (d) يساوي $(4\times10^{-5}\,T)$ نحو الناظر

الحل

تتأثر النقطة (d) بمجالين

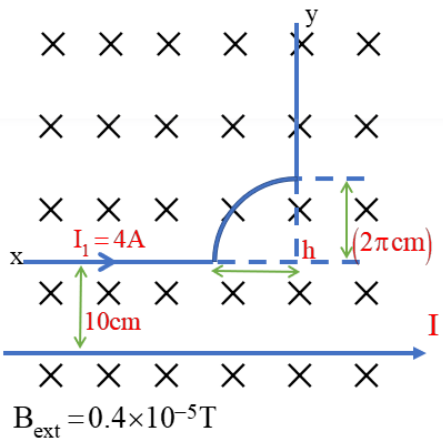
المجال من الموصل الأول $B_1 = \dfrac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \dfrac{(4\pi\times10^{-7})(6)}{2\pi(2\times10^{-2})} = 6\times10^{-5}\,T \ , \ (z+)$

بما أن المجال المحصل أصغر من مجال الموصل الأول وبنفس الاتجاه فإن المجال الثاني في الاتجاه المعاكس وبتالي:

$$B_d = B_1 - B_2$$
$$4\times10^{-5} = 6\times10^{-5} - B_2$$
$$B_2 = 2\times10^{-5}\,T \ , \ (z-)$$
$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$
$$2\times10^{-5} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(I_2)}{2\pi(2\times10^{-2})} \Rightarrow\Rightarrow \ I_2 = 2A$$

الاتجاه بنفس اتجاه التيار الأول (نحو اليسار)

مثال (11)



اعتمادا على البيانات المثبتة على الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (h) يساوي $(1\times10^{-5}T)$ باتجاه المحور $(z-)$ احسب التيار الكهربائي (I) المار في السلك المستقيم

الحل

تتأثر النقطة(h) بثلاث مجالات هي:

$$B_{ext}=0.4\times10^{-5}T \quad ,(z-)$$

$$B_1=\frac{N\mu_\circ I}{2R}=\frac{\left(\frac{1}{4}\right)\left(4\pi\times10^{-7}\right)(4)}{2\left(2\pi\times10^{-2}\right)}=1\times10^{-5}\ T \quad ,(z-)$$

$$B_2=???$$

$$B_{net}=B_{ext}+B_1-B_2$$

$$1\times10^{-5}=0.4\times10^{-5}+1\times10^{-5}-B_2$$

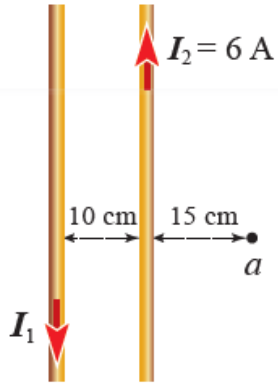
$$B_2=0.4\times10^{-5}T$$

$$B_2=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

$$0.4\times10^{-5}=\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(I)}{2\pi\left(1\times10^{-1}\right)} \Rightarrow\Rightarrow I=2A$$

مثال (12)

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



الحل

تتأثر النقطة (a) بمجالين

$$\frac{I_2}{r_2}=\frac{I_1}{r_1}$$

$$\frac{6}{15\times10^{-2}}=\frac{I_1}{25\times10^{-2}}$$

$$I_1=10A$$

$$B_a=B_2-B_1$$

$$0=B_2-B_1$$

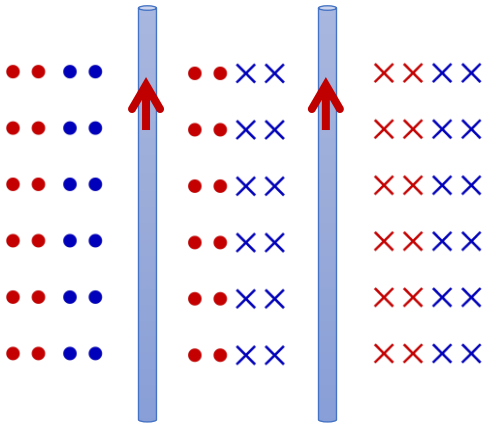
$$B_2=B_1$$

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

6 نقطة انعدام المجال المغناطيسي

ينعدم المجال المغناطيسي عند نقطة ما إذا تعرضت على الأقل لمجالين متساويين مقداراً ومتعاكسين اتجاهاً.

نقطة انعدام المجال لموصلين متوازيين



(1) **التيارين في نفس الاتجاه**

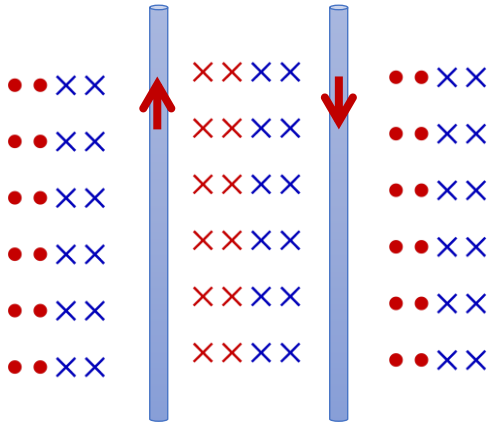
نقطة انعدام المجال المغناطيسي تقع بين الموصلين وأقرب إلى الموصل ذو التيار الاصغر.

ولإيجادها نستخدم العلاقة التالية:

$$B_1 = B_2$$

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

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2}$$



(1) **التيارين في اتجاهين متعاكسين**

نقطة انعدام المجال المغناطيسي تقع خارج الموصلين وأقرب إلى الموصل ذو التيار الاصغر.

ولإيجادها نستخدم العلاقة التالية:

$$B_1 = B_2$$

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

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2}$$

مثال (1)

موصلان مستقيمان متوازيان لانهائيّا الطول؛ المسافة بينهما $(30cm)$ يحمل أحدهما تيّارًا كهربائيًّا يساوي ثلاثة أمثال التيّار الذي يحمله الموصل الثاني. حدّد نقطةً على الخطّ العموديّ الواصل بينهما ينعدم عندها المجال المغناطيسيّ عندما يكون التياران بالاتّجاه نفسه.

الحل

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

$$B_1 = B_2$$

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

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2}$$

$$\frac{3I_2}{r_1} = \frac{I_2}{30 - r_1}$$

$$\frac{3}{r_1} = \frac{1}{30 - r_1}$$

$$90 - 3r_1 = r_1$$

$$r_1 = 22.5cm$$

$$r_2 = 7.5cm$$

مثال (2)

يمثل الشكل المجاور موصل مستقيم مغمور في مجال مغناطيسي منتظم $(4\times10^{-5}\,\mathrm{T})$ ويحمل تيار كهربائي مقداره $(100\mathrm{A})$ ، جد بعد النقطة (w) عن الموصل بحيث يكون المجال المغناطيسي المحصل عندها يساوي صفر

الحل

حتى ينعدم المجال المغناطيسي $(\mathrm{B}=0)$ عند النقطة (w) لا بد أن يكون مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن الموصل يساوي مقدار المجال المغناطيسي المنتظم.

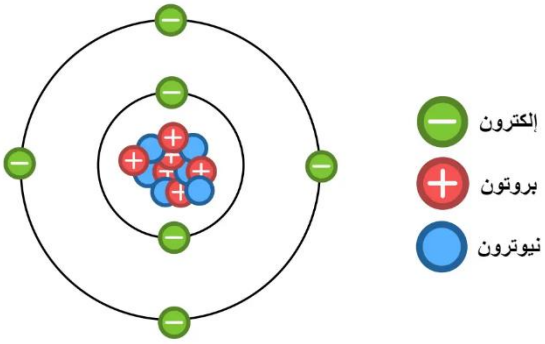
$$\mathrm{B} = \frac{\mu_\circ \mathrm{I}}{2\pi \mathrm{r}}$$

$$4\times10^{-5} = \frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(100)}{2\pi(\mathrm{r})} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad \mathrm{r} = 0.5\mathrm{m}$$

7 منشأ المجال المغناطيسي

تعرفنا فيما سبق ان المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في موصل ينشأ نتيجة حركة الشحنات المكونة للتيار حيث ان أي شحنة تتحرك ينشأ حولها مجال مغناطيسي، ولكن كيف ينشأ المجال المغناطيسي للمغناطيسي الطبيعي (المغناطيس الدائم)

منشأ المجال المغناطيسي الطبيعي



تتكون المواد من ذرات وتحتوي هذه الذرات على إلكترونات تتحرك بشكل دائم حول نواة الذرة حيث إن هذه الحركة للإلكترونات ينشأ عنها مجال مغناطيسي

لكن لماذا لا ينشأ مجال مغناطيسي عن جميع المواد ؟؟

جميع المواد ينشأ بداخلها مجالات مغناطيسي من الإلكترونات المتحركة إلا أن بعض هذه المواد تكون المجالات الناشئ عن حركة الإلكترونات فيها في اتجاهات مختلفة فتلغي بعضها البعض وبتالي فإن محصلة المجال المغناطيسي الناشئ عنها يساوي صفر

وبالمقابل فالمواد المغناطيسي تكون المجالات المغناطيسي الناشئة عن إلكتروناتها في نفس الاتجاه فلا تلغي بعضها البعض ويكون هنالك مجال محصل نهائي

مسائل إضافية

السؤال الأول

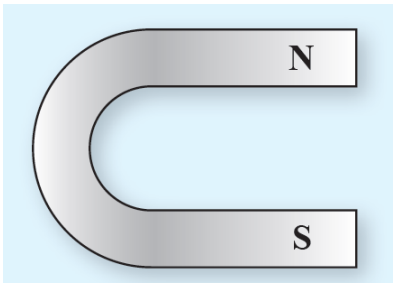
أذكرُ خصائص خطوط المجال المغناطيسيّ.

الحل

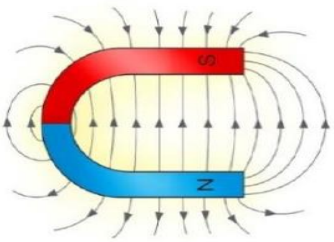
- خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبي ، تكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ .
- اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة .
- لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند كلّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها .

السؤال الثاني

أرسمُ خطوطَ المجال المغناطيسيّ لمغناطيسٍ على شكل حرف (U) المُبيّن في الشكل.



الحل



السؤال الثالث

ما صفات الملفّ اللولبيّ التي تجعلُ المجال المغناطيسيّ داخله مُنتظمًا؟

الحل

عندما تكون حلقات الملف اللولبي متراصة، وطوله أكبر بكثير من قطره، فإن المجال المغناطيسي داخله وبعيدًا عن طرفيه يكون منتظمًا.

السؤال الرابع

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

الحل

بالاعتماد على قانون بيو-سافار

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

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

السؤال الخامس

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

الحل

ينشأ في الحيز المحيط بإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي .

السؤال السادس

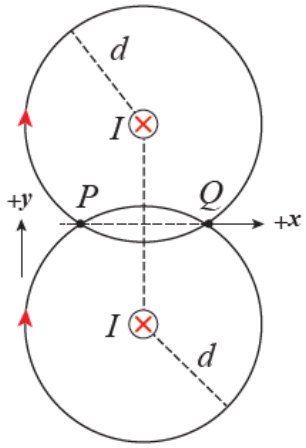
بين العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز ملفٍّ دائريٍّ والعوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسيُّ داخل ملفٍّ لولبيّ.

الحل

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 السابع

6- سلكان مستقيمان متوازيان لانهائيًا 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 ؟



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

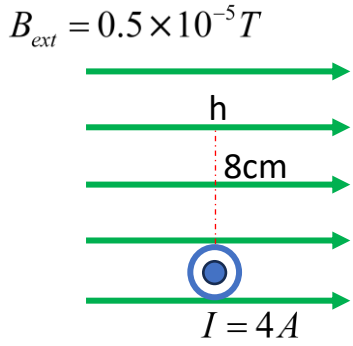
ب- عند (P) باتّجاه $(-x)$ وعند (Q) باتّجاه $(-y)$

ج- عند (P) باتّجاه $(+x)$ وعند (Q) باتّجاه $(-x)$

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

السؤال الثامن

مجال مغناطيسي منتظم باتجاه اليمين مغمور فيه موصل مستقيم عمودي على مستوى الصفحة كما في الشكل المجاور بالاعتماد على البيانات في الشكل جد المجال المغناطيسي عند النقطة (h)



الحل

تتعرض النقطة (h) إلى مجالين هما المجال الخارجي ومجال الموصل المستقيم

$$B_{ext}=0.5\times10^{-5}T \quad , \quad x+$$

$$B_1=\frac{\mu I}{2\pi r}=\frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(4)}{2\pi\left(8\times10^{-2}\right)}=1\times10^{-5}T \quad , \quad x-$$

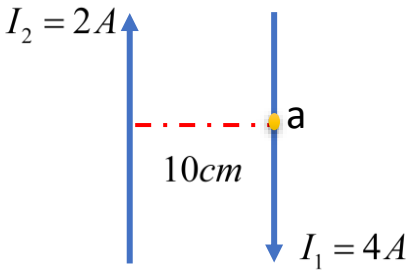
$$B_h=B_1-B_{ext}$$

$$B_h=1\times10^{-5}-0.5\times10^{-5}$$

$$B_h=0.5\times10^{-5}T \quad , \quad x-$$

السؤال التاسع

بالاعتماد على الشكل المجاور جد المجال المغناطيسي عند النقطة (a)



الحل

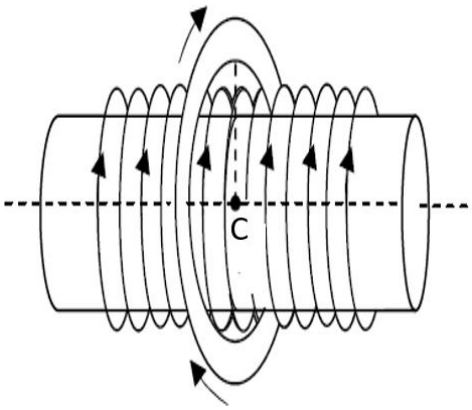
تتعرض النقطة (a) إلى مجال واحد فقد من الموصل (2)

$$B_2 = \frac{\mu I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(2)}{2\pi(1\times 10^{-1})} = 4\times 10^{-6} T \quad , \; z-$$

السؤال العاشر

ملف لولبي عدد لفاته (25) لفة لكل (1cm) من طوله، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (1A) لف حول وسطه ملف أخر دائري مركزه (C) ينطبق على محور الملف اللولبي فإذا كان عدد لفات الملف الدائري (40) لفة ونصف قطره $(2\pi\text{cm})$ ، ويمر فيه تيار كهربائي مقداره (2A) وبنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي كما في الشكل

احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (C)



الحل

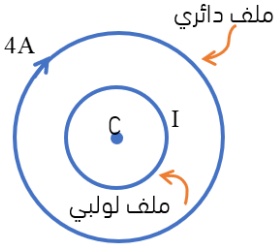
تتأثر النقطة (C) بمجالين (دائري، لولبي)

$$B_1 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{(40)(4\pi\times 10^{-7})(2)}{2(2\pi\times 10^{-2})} = 80\times 10^{-5}\,\text{T} \quad , \; (-x)$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{L} = \frac{(25)(4(3.14)\times 10^{-7})(1)}{(1\times 10^{-2})} = 314\times 10^{-5}\,\text{T} \quad , \; (-x)$$

$$B_C = B_1 + B_2 = 394\times 10^{-5}\ \text{T} \quad , \; (-x)$$

السؤال (11)



يبين الشكل المجاور ملف دائري عدد لفاته (500) لفة ونصف قطره $(20cm)$ ينطبق مركزه مع محور ملف لولبي طوله $(40cm)$ وعدد لفاته (100) لفة إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند المركز (C) يساوي $(25\pi\times10^{-4}T)$ باتجاه (-Z) احسب التيار الكهربائي (I) المار في الملف اللولبي

الحل

تتأثر النقطة (c) بمجالين أحدهما من الملف الدائري وقيمته

$$B_1=\frac{N\mu_\circ I}{2R}=\frac{(500)(4\pi\times10^{-7})(4)}{2(2\times10^{-1})}=20\pi\times10^{-4}T \quad , (z-)$$

$$B_c=B_1+B_2$$

$$25\pi\times10^{-4}=20\pi\times10^{-4}+B_2$$

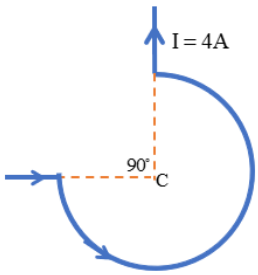
$$B_2=5\pi\times10^{-4}T \quad , (z-)$$

$$B_2=\frac{N\mu_\circ I}{L}$$

$$5\pi\times10^{-4}=\frac{(100)(4\pi\times10^{-7})(I)}{4\times10^{-1}} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I=5A$$

والاتجاه مع اتجاه عقارب الساعة (مثل التيار المار في الملف الدائري)

السؤال (12)



يمثل الشكل المجاور ملفاً نصف قطر الجزء الدائري منه $(3\pi\,cm)$ اعتمادا على البيانات المثبتة على الشكل جد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (C)

الحل

$$N=\frac{\theta}{360}=\frac{270}{360}=\frac{3}{4}$$

$$B=\frac{N\mu_\circ I}{2R}=\frac{\left(\frac{3}{4}\right)(4\pi\times10^{-7})(4)}{2(3\pi\times10^{-2})}=2\times10^{-5}T \quad ,(z+)$$

القسم الثالث

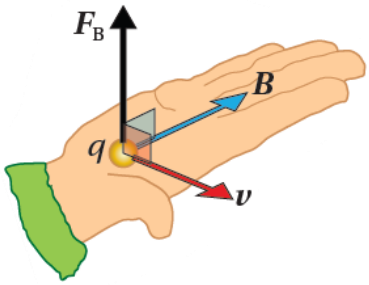
القوة المغناطيسية

1 القوة المغناطيسية على جسيم مشحون

عندما يتحرك جسيم مشحون داخل مجال مغناطيسية فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية:

مقدارها:

$$F_B = qvB\sin(\theta)$$



اتجاهها: باستخدام قاعدة اليد اليمنى

1) يشير الابهام إلى اتجاه حركة الجسيم
2) تشير باقي الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي
3) فيشير الخط الخارج من باطن الكف إلى اتجاه القوة.

ملاحظات هامة....

1. إذا كان الجسيم **سالب** الشحنة **نعكس** الاتجاه الناتج من قاعدة اليد اليمنى أو نستخدم اليد اليسرى.
2. اتجاه **القوة** دائما **عمودي** على اتجاه كلا من **السرعة والمجال**

تعريف المجال المغناطيسي عند نقطة

بالاعتماد على قانون القوة المغناطيسية على جسيم مشحون يمكن تعريف **المجال المغناطيسي عند نقطة** على النحو التالي:

المجال المغناطيسي عند نقطة: هو القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة، عندما تتحرك الشحنة بسرعة (1m/ s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي لحظة مرورها في تلك النقطة

وحدة قياس المجال

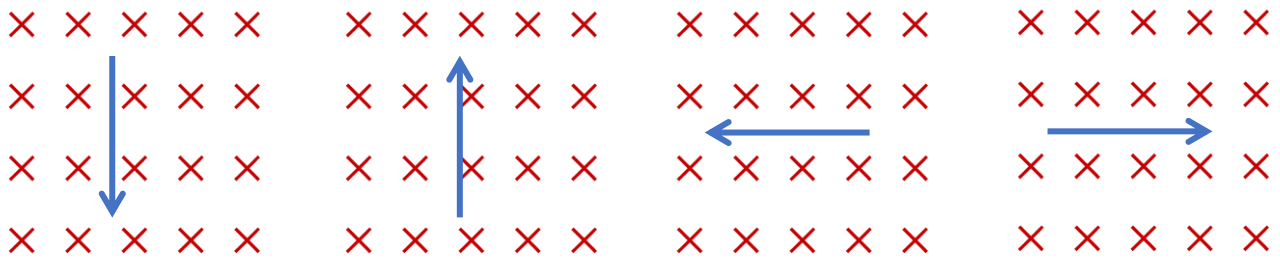
$$[B] = \frac{[F]}{[q][v][\sin(\theta)]} = \frac{N}{C.m/s} = \frac{N}{A.\text{m}} = T$$

مثال (1)

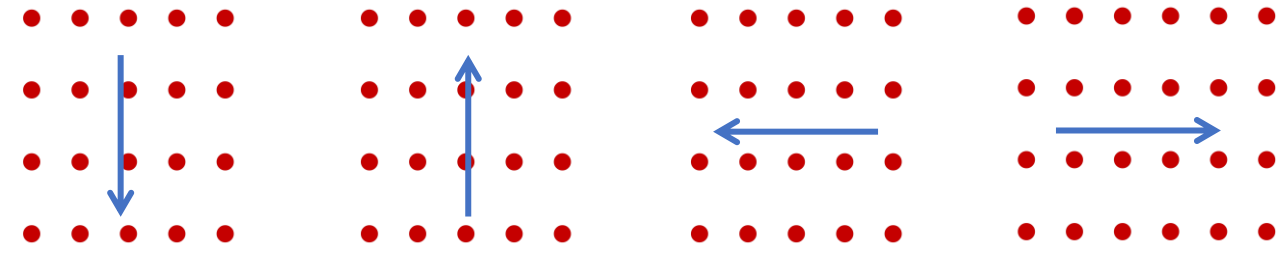
بالاعتماد على قاعدة اليد اليمنى حدد اتجاه القوة المغناطيسية لكل من الحالات التالي

1) إذا كان الجسيم موجب الشحنة 2) إذا كان الجسيم سالب الشحنة

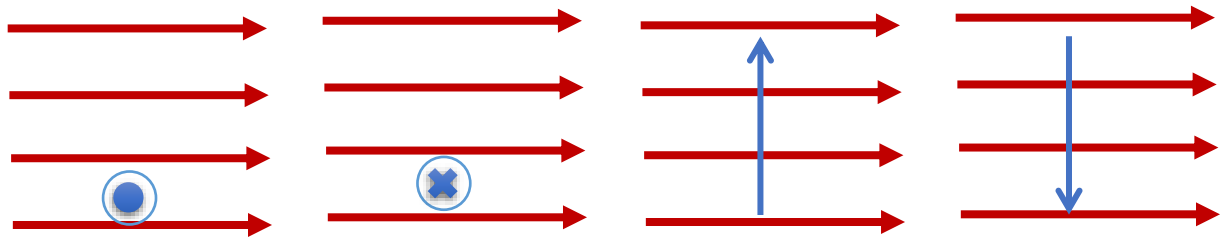
ملاحظة : المتجه **الأزرق** يمثل اتجاه **حركة الجسيم** **والأحمر** يمثل اتجاه **المجال المغناطيسي**



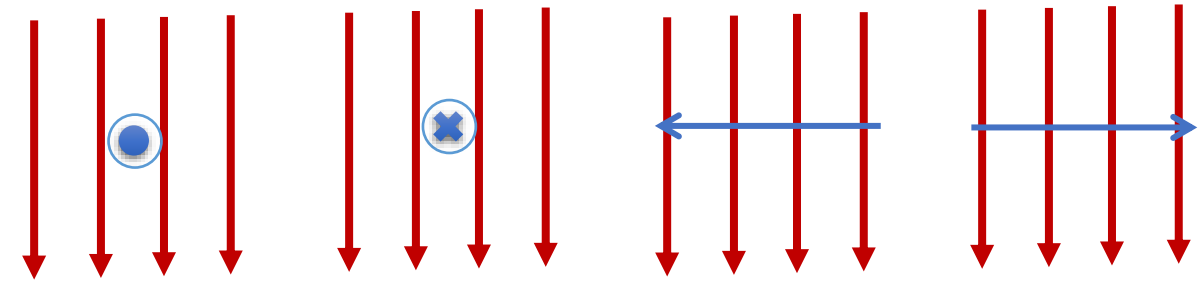
الشكل (1) الشكل (2) الشكل (3) الشكل (4)



الشكل (5) الشكل (6) الشكل (7) الشكل (8)

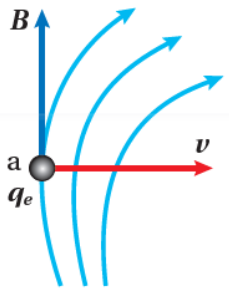


الشكل (9) الشكل (10) الشكل (11) الشكل (12)



الشكل (13) الشكل (14) الشكل (15) الشكل (16)

مثال (2)



يتحرّك إلكترون بسرعة $(5\times10^{6}\,m/s)$ باتّجاه محور $(+x)$ أحسب مقدار القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر فيه لحظة مروره بالنقطة (a) وأحدّد اتّجاهها، علمًا بأنّ المجال المغناطيسيّ عندها $(2\times10^{-4}T)$ باتّجاه محور $(+y)$ كما في الشكل المجاور

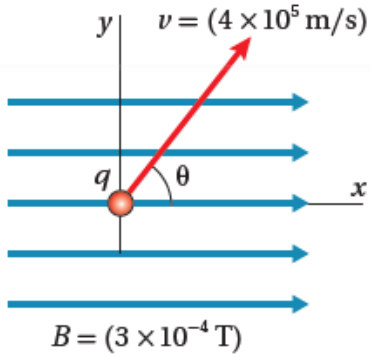
الحل

$$F = qvB\sin(\theta)$$
$$F = (1.6\times10^{-19})(5\times10^{6})(2\times10^{-4})(1)$$
$$F = 16\times10^{-17}\,N \quad , \quad z-$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه القوة داخل إلى الصفحة $(-z)$ لان الجسيم (الإلكترون) سالب الشحنة.

مثال (3)

يتحرّك جُسيمٌ شحنته $(5\times10^{-6}C)$ في المستوى (x,y) داخل مجالٍ مغناطيسي منتظم، بسرعة (v) باتّجاهٍ يصنعُ زاوية $(\theta=53^{o})$ مع محور $(+x)$ كما في الشكل المجاور بالاعتماد على بيانات الشكل؛ أحسب مقدار القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر في الجُسيم، وأُحدّد اتّجاهها.



الحل

$$F = qvB\sin(\theta)$$
$$F = (5\times10^{-6})(4\times10^{5})(3\times10^{-4})(0.8)$$
$$F = 4.8\times10^{-4}\,N$$

بتطبيق قاعدةِ 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

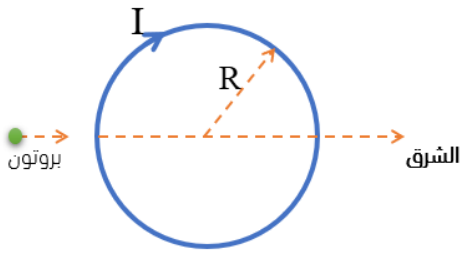
مثال (4)

يتحرّك بروتونٌ بسرعة $\left(4\times10^{6}m/s\right)$ في مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ مقدارهُ $\left(1.7\,\mathrm{T}\right)$ ؛ فيتأثّرُ بقوّةٍ مغناطيسية $\left(8.2\times10^{-13}\ \mathrm{N}\right)$. أجدُ قياس الزاوية بين متجهي سرعة البروتون وخطوط المجال المغناطيسيّ.

الحل

$$F=qvB\sin(\theta)$$
$$\left(8.2\times10^{-13}\right)=\left(1.6\times10^{-19}\right)\left(4\times10^{6}\right)(1.7)\sin(\theta)$$
$$\sin(\theta)=0.754$$
$$\theta=48.9^{o}$$

مثال (5)



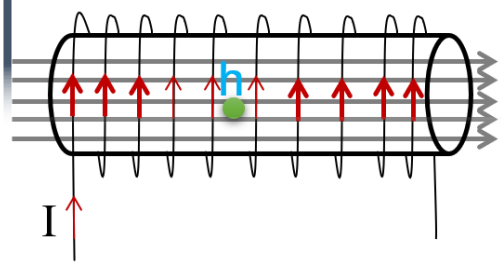
بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل الذي يبين ملفا دائريا مستواه منطبق على سطح الورقة ويسري فيه تيار مقداره $(10A)$ ونصف قطره $\left(11\times10^{-2}\ \mathrm{m}\right)$ وعدد لفاته (3500)لفة احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في بروتون يتحرك نحو الشرق بسرعة $\left(5\times10^{7}\ \mathrm{m/s}\right)$ لحظة مروره بمركز الملف (C) مقدارا واتجاها

الحل

$$B=\frac{N\mu_{\circ}I}{2R}=\frac{(3500)\left(4\left(\frac{22}{7}\right)\times10^{-7}\right)(10)}{2\left(11\times10^{-2}\right)}=0.2\ \mathrm{T}\ ,\ \otimes(z-)$$

$$F_B=qvB\sin(\theta)=\left(1.6\times10^{-19}\right)\left(5\times10^{7}\right)(0.2)(1)=1.6\times10^{-12}\ \mathrm{N}\ ,\ y+$$

مثال (6)



ملف لولبي مغمور كليا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $\left(9\times10^{-3}\ \mathrm{T}\right)$ باتجاه يوازي محور الملف كما في الشكل فإذا علمت أن عدد لفات الملف (50) لفة وطوله $\left(0.11\ \mathrm{m}\right)$ ويسري فيه تيار مقداره $(7A)$ فاحسب مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك في مستوى الورقة لحظة مروره في النقطة (h) بسرعة $\left(5\times10^{6}\ \mathrm{m/s}\right)$ نحو الشمال

الحل

1) تتأثر النقطة (h) بمجالين هما:

$$B_{ext}=9\times10^{-3}\,T\ ,\quad x+$$

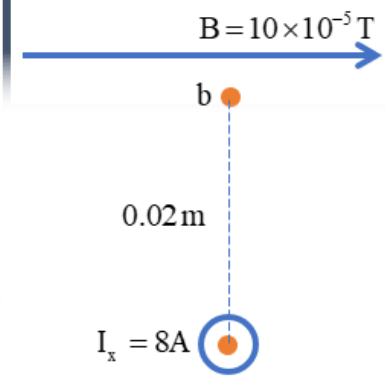
$$B_1=\frac{N\mu_\circ I}{l}=\frac{(50)\left(4\left(\frac{22}{7}\right)\times10^{-7}\right)(7)}{11\times10^{-2}}=4\times10^{-3}\,T\ ,\quad x-$$

$$B_h=B_{ext}-B_1=5\times10^{-3}\,T\ ,\quad x+$$

2)

$$F_B=qvB\sin(\theta)=(1.6\times10^{-19})(5\times10^{6})(5\times10^{-3})(1)=40\times10^{-16}\ \text{N}\quad ,(z+)$$

مثال (7)



سلك طويل مستقيم، يحمل تيارا كهربائيا مقداره $(8A)$ باتجاه خارج من الصفحة ومغمور كليا في مجال مغناطيسي خارجي مقداره $(10\times10^{-5}\,\text{T})$ كما في الشكل المجاور بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه

احسب :

1) محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (b)

2) وزن جسيم شحنته $(4\times10^{-9}\,\text{C})$ لحظة مروره من النقطة (b) محافظا على اتجاه حركته بسرعة $(10^{7}\,\text{m/s})$ وباتجاه عمودي على الصفحة للأعلى

الحل

1)

تتأثر النقطة (b) بمجالين هما:

$$B_{ext}=10\times10^{-5}\,T\ ,\quad x+$$

$$B_1=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(8)}{2\pi(2\times10^{-2})}=8\times10^{-5}\,T\ ,\quad x-$$

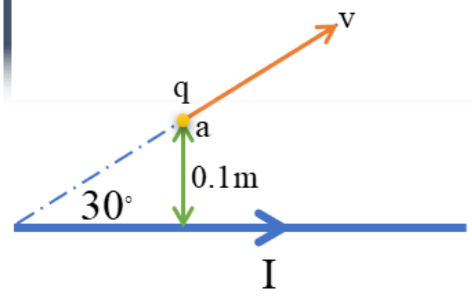
$$B_h=B_{ext}-B_1=2\times10^{-5}\,T\ ,\quad x+$$

2)

$$F_g=F_B$$

$$F_g=qvB\sin(\theta)=(4\times10^{-9})(10^{7})(2\times10^{-5})(1)=8\times10^{-7}\ \text{N}$$

مثال (8)



سلك مستقيم طويل يحمل تيارا كهربائيا مقداره $(1.5A)$ إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة $(4\times10^{-9}\,C)$ ومهمل الكتلة بسرعة $(5\times10^{4}\,m/s)$ باتجاه يصنع زاوية (30) مع اتجاه التيار كما في الشكل فاحسب :

1) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (a)

2) مقدار القوة التي يؤثر بها السلك في الجسيم لحظة مرورها في النقطة (a)

الحل

1)

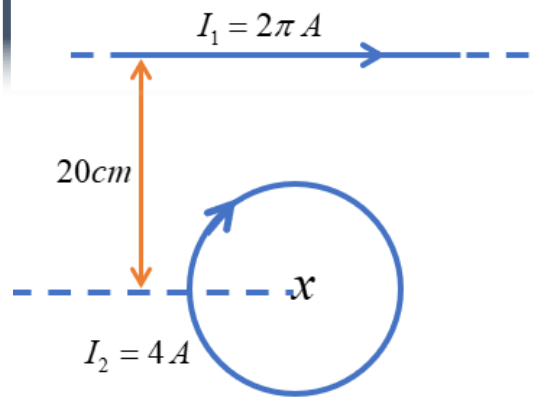
$$B=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(1.5)}{2\pi(1\times10^{-1})}=3\times10^{-6}\,T\ ,(z+)$$

2)

(انتبه الزاوية بين المجال والسرعة هي $(\theta=90)$

$$F_B=qvB\sin(\theta)=(4\times10^{-9})(5\times10^{4})(3\times10^{-6})(1)=60\times10^{-11}\,N$$

مثال (9)



حلقة فلزية نصف قطرها $(10cm)$ واقعة أسفل سلك مستقيم لا نهائي الطول لاحظ الشكل. احسب :

1) المجال المغناطيسي الناشئ عن التيارين عند مركز الحلقة (x)

2) القوة المؤثرة في إلكترون لحظة مروره في مركز الحلقة (x) بسرعة $(4\times10^{6}\,m/s)$ وباتجاه بعيد عن الناظر

الحل

1)

تتأثر النقطة (x) بمجالين هما:

$$B_1 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(2\pi)}{2\pi(2\times10^{-1})} = 2\pi\times10^{-6}T \quad ,\otimes$$

$$B_2 = \frac{N\mu_\circ I}{2R} = \frac{(1)(4\pi\times10^{-7})(4)}{2(1\times10^{-1})} = 8\pi\times10^{-6}T \quad ,\otimes$$

$$B_x = B_1 + B_2 = 10\pi\times10^{-6}T \quad ,\otimes$$

2)

حركة الإلكترون توازي اتجاه المجال المغناطيسي لذلك لا يتأثر بقوة مغناطيسية

$$F_B = qvB\sin(\theta) = qvB\sin(180) = 0$$

مثال (10)

ملف لولبي طوله $6cm$ يحتوي على (600)لفة موضوع في الهواء ويسري فيه تيار كهربائي $(8A)$ أجب عما يأتي:

1) ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة داخل الملف وتقع على محوره؟

2) ماذا يحدث لحركة إلكترون (بإهمال وزنه عندما يقذف داخل الملف منطبقا على المحور؟ ولماذا؟

الحل

1)

$$B = \frac{N\mu_\circ I}{L} = \frac{(600)(4\pi\times10^{-7})(8)}{(6\times10^{-2})} = 32\pi\times10^{-3}\,T$$

2) سيكمل حركته دون انحراف ولن يتأثر بقوة مغناطيسية لان اتجاه حركته موازي لاتجاه المجال المغناطيسي وبتالي فإن :

$$F_B = qvB\sin(\theta) = 0 \qquad (\theta = 0\ ,\ \theta = 180)$$

مثال (11)

بالاعتماد على الجدول التالي وضح الفرق بين تأثير المجال الكهربائي على شحنة كهربائية وتأثير المجال المغناطيسي على شحنة كهربائية؟

الحل

وجه المقارنة	المجال المغناطيسية	المجال الكهربائية
اتجاه القوة	اتجاه القوة **عمودية** على 1) اتجاه المجال 2) اتجاه السرعة	اتجاه القوة **موازي** لـ: 1) اتجاه المجال 2) اتجاه السرعة
تأثير القوة على الشحنات الساكنة والمتحركة	الشحنات الساكنة : **لا** تتأثر الشحنات المتحركة : تتأثر	الشحنات الساكنة : تتأثر الشحنات المتحركة : تتأثر

مثال (12)

كيف أستخدم جُسيمًا مشحونًا لتمييز منطقةٍ مُحدّدة؛ إن كانت منطقة مجالٍ مغناطيسيٍّ أم مجالٍ كهربائيٍّ؟ أوضّح إجابتك بمثال.

الحل

أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائي. 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 .

مثال (13)

اذكر العوامل التي يعتمد عليها **مقدار** القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل المجال المغناطيسي

الحل

يعتمد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة على

(1) مقدار الشحنة الكهربائية
(2) مقدار سرعة الجسيم
(3) مقدار المجال المغناطيسي
(4) $\sin\theta$ حيث (θ) الزاوية بين السرعة والمجال.

مثال (14)

اذكر العوامل التي يعتمد عليها **اتجاه** القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل المجال المغناطيسي

الحل

يعتمد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة على

(1) اتجاه المجال المغناطيسي **(2)** اتجاه سرعة الجسيم

(3) نوع الشحنة (موجبة أو سالبة).

مثال (15)

اذكر ثلاث حالات ينعدم فيها مقدار القوة المغناطيسية على جسيم داخل المجال المغناطيسي

الحل

عند دخول جسيم داخل مجال مغناطيسية فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية في الحالات التالية:

1. أن يكون الجسيم غير مشحون $(q=0)$
2. أن يكون الجسيم ساكن $(v=0)$
3. أن يتحرك الجسيم باتجاه موازي لاتجاه المجال $(\sin(\theta)=0)$

مثال (16)

جسيم مشحونٌ يتحرّك في مجالٍ مغناطيسيٍّ منتظمٍ (B) باتّجاهٍ يُوازي خطوطَ المجال. هل يتأثّر الجُسيم بقوّةٍ مغناطيسيّة؟

الحل

لا يتأثر بقوة مغناطيسية لان مقادر الزاوية بين اتجاه سرعته واتجاه المجال تكون إما $\theta=180$ او $\theta=0$

وعليه تكون القوة

$$F=qvB\sin(\theta) \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad F=qvB(0)=0$$

مثال (17)

أجيب عن السؤالين الآتيين، وفسر إجابتك

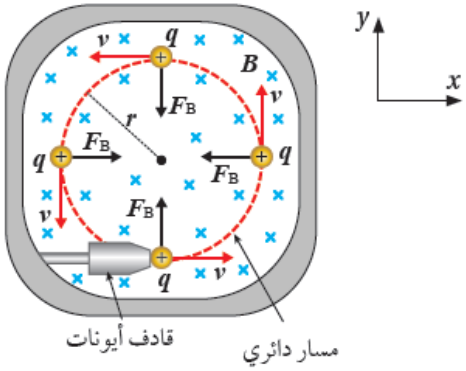
1) هل يمكنُ لمجالٍ مغناطيسي أن يجعل إلكترونا يبدأ حركته من السكون؟

2) هل ينحرف النيوترون عندما يتحرّكُ داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ باتّجاه عموديٍّ عليه؟

الحل

- 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

حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم



عند دخل جسيم مشحون منطقة **مجال مغناطيسي منتظم** فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية إلا ان هذه القوة تكون **دائما** عمودي على اتجاه حركة الجسيم لذلك فإن هذه القوة

(1) لا تبذل شغلاً

(2) لا تغير من الطاقة الحركية للجسم

(3) لا تغير من مقدار سرعة الجسيم

(4) تغير فقط اتجاه حركة الجسيم

عند دخول جسيم مشحون منطقة مجال مغناطيسي منتظم باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي فإن الجسيم يتأثر بقوة مغناطيسية وهذه القوة تجبره على الحركة في مسار دائري كما في الشكل السابق ولان اتجاه السرعة يكون باتجاه عمودي على اتجاه المجال فإن مقدار القوة المغناطيسية المؤثر في الجسيم يعطى بالقانون التالي

$$F_B = qvB$$

وتعمل القوة المغناطيسي عمل قوة مركزية لذلك يمكن استخدام قانون نيوتن الثاني أيضا لإيجادها كما يلي:

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

بمساواة القانونين السابقين نجد أن مقدار نصف قطر المسار الذي يسلك الجسيم يعطى بالقانون التالي:

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

الشحنة النوعية للجسيم

يسمى المقدار $\frac{q}{m}$ الشحنةَ النوعيّة للجُسيم، وهي ناتجُ قسمة شحنة الجُسيم على كتلته. وتُعدّ صفةً فيزيائيّة للمادّة؛ يستخدمها العلماءُ للتعرُّف على الجُسيمات المجهولة. ومن خلال قانون نصف القطر نجد أن مقدار الشحنة النوعية للجسيم يعطى بالقانون التالي:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

مجال مغناطيسي منتظم: مجال مغناطيسي ثابت المقدار والاتجاه عند نقاطه جميعها، يمكن تمثيله بخطوط متوازية والمسافات بينها متساوية.

مثال (1)

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

الحل

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

$$r=\frac{1.67\times10^{-27}\times4.7\times10^{6}}{(1.6\times10^{-19})(0.35)}$$

$$r=0.14m$$

مثال (2)

يتحرّكُ بروتونٌ في مسارٍ دائريٍّ نصفُ قطره $(12cm)$ داخل مجالٍ مغناطيسي منتَظمٍ مقداره $(0.7T)$ يتعامدُ اتّجاهُ خطوطه مع مستوى المسار الدائري. أحسبُ السرعة الخطّية التي دخل فيها البروتون المجال علما أن كتلة البروتون تساوي $(1.6\times10^{-27}kg)$

الحل

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

$$12\times10^{-2}=\frac{1.6\times10^{-27}\times v}{(1.6\times10^{-19})(0.7)}$$

$$v=84\times10^{5}m/s$$

مثال (3)

لماذا تختلف الشحنة النوعية للإلكترون عنها للبروتون؟

الحل

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

مثال (4)

لماذا لا تبذلُ القوّة المغناطيسيّة شغلًا على جُسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسيٍّ مُنتظم. وهي تختلف بذلك عن القوّة الكهربائيّة التي تبذل شغلاً على جسم مشحون يتحرك داخل مجالٍ كهربائيّ.

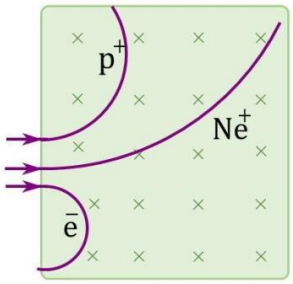
الحل

القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك داخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائمًا عمودي على اتجاه الحركة، فتكون الزاوية بين الإزاحة والقوة (90^o) والشغل يساوي صفراً، بينما عند تأثير القوة الكهربائية في الجسيم المشحون تكون الزاوية بين القوة والازاحة صفرا أو 180 بذلك يوجد شغل موجب أو سالب، ويكون هذا الشغل صفرا في حال كانت الزاوية (90^o)

مثال (5)

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

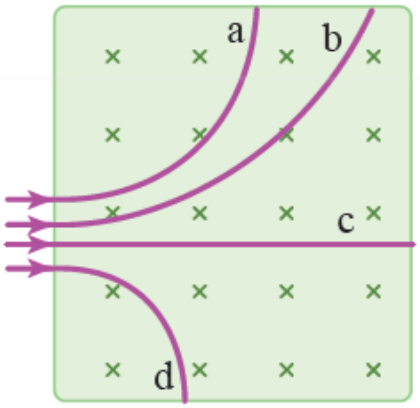
الحل



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.

مثال (6)

دخلت أربعة جُسيماتٍ (a,b,c,d) منطقة مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ 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. علمًا بأنّها متساوية في مقدار الشحنة.

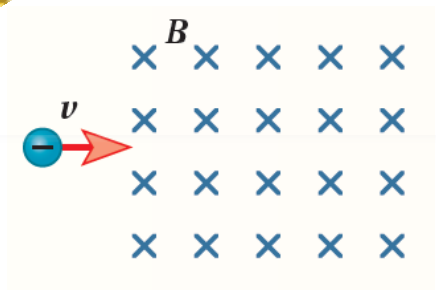


الحل

الجسميان (a) و (b) موجبان , الجسيم (d) سالب , الجسيم (c) غير مشحون

كلما زادت كتلة الجسم زاد نصف قطر المسار الذي يسلكه $m_d < m_a < m_b$

مثال (7)



يتحرّك إلكترونٌ باتّجاه محور $(+x)$ فيدخل مجالًا مغناطيسيًّا مُنتظمًا اتّجاهه مع محور $(-z)$ كما في الشكل. أستنتجُ اتّجاه القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها المجال في الإلكترون لحظة دخوله منطقة المجال، ثم بيّن إن كانت هذه القوّة ستحافظ على اتّجاهها بعد أن يُغيّر الإلكترون موقعه، أم لا، وأفسّرُ إجابتي

الحل

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

مثال (8)

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.

الحل

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 $(-y)$ كانت شحنه موجبة، أما الذي انحرف باتجاه $(+y)$ فإن شحنته سالبة .

مثال (9)

أيونٌ موجبٌ شحنتهُ $(+e)$ يكمل 5 دوراتٍ في مجال مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ $(5\times10^{-2}T)$ خلال مُدّةٍ زمنيّةٍ $(2\pi ms)$ أحسبُ كتلة الأيون بوحدة (kg)

الحل

إذا كان محيط الدائرة يساوي (d) فإن هذه الجسيم سار مسافة مقدارها $(5d)$ وعليه فإن سرعته

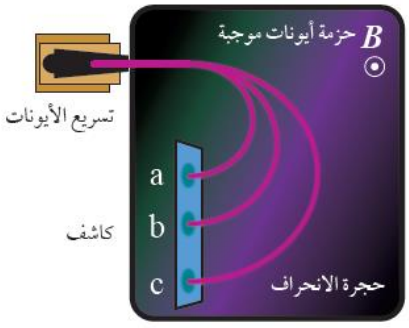
$$v=\frac{5d}{t}=\frac{5(2\pi r)}{2\pi\times10^{-3}}=5000r$$

وباستخدام قانون نصف القطر نجد ان الكتلة

$$m=\frac{qBr}{v}=\frac{(1.6\times10^{-19})(5\times10^{-2})(r)}{5000r}=1.6\times10^{-24}kg$$

تطبيقات تكنولوجية

1 مطياف الكتلة

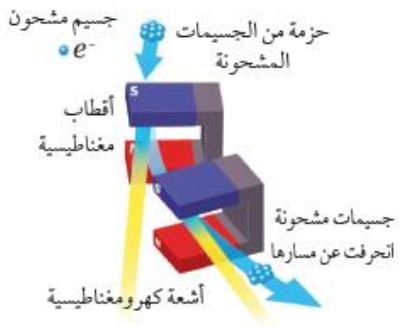


هو جهازٌ يستخدم لقياس كتل الجُسيمات الذريّة لتحديد مكوّنات عيّنةٍ مجهولة

آلية عمل الجهاز

1. يتم تحويل العيّنة إلى الحالة الغازية
2. تؤين جسيماتها؛ بحيث يفقد كل منها عددًا متساويًا من الإلكترونات؛ فتصبحُ جميعُها متساوية الشحنة رغم اختلاف كُتَلها.
3. تدخل هذه الأيونات بالسرعة نفسها مجالًا مغناطيسيًّا مُنتَظمًا عموديًّا على اتّجاه السرعة، فيتحرك كلُّ أيون في مسار دائري نتيجة للقوة المغناطيسية المركزية المؤثّرة فيها
4. بسبب اختلاف كتل الأيونات يختلف نصف قطر المسار الدائري لكل منها؛ كما في الشكل السابق.
5. حيثُ إنّ مقاديرَ كل من السرعة والمجال والشحنة ثابتة، فإن نصف قطر المسار يتناسب طرديا مع الكتلة وبمعرفة قيمة نصف القطر يجري حساب الشحنة النوعية لكل أيون، ثم تعرف هوية مكونات العينة.

2 مسارع السينكروترون



هو جهاز يستخدم لإنتاج أشعة (موجات كهرومغناطيسية)

فكرة عمل الجهاز

تعتمد فكرة عمله على أنّ الجسيمات المشحونة ذات السرعات العالية تبعث إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تنحرف عن مسارها

مكونات الجهاز

1. **مجال كهربائي**: يستخدم **لتسريع** الجسيمات المشحونة إلى سرعات عالية تقترب من سرعة الضوء
2. **أقطاب مغناطيسية (مجال مغناطيسي)** يستخدم **لحرف** (**تغير مسار**) الجسيمات المشحونة عن مسارها كما في الشكل المجاور

آلية عمل الجهاز

بعد تسريع الجسيمات باستخدام المجال الكهربائي تدخل في مسار حلقي محاط بأقطاب مغناطيسية كما في الشكل السابق تعمل على حرف الجسيمات عن مسارها مما يؤدي إلى انبعاث اشعة كهرومغناطيسية وعن طريق التحكّم في المجالات الكهربائية والمغناطيسية المستخدمة في السينكروترون، يمكن إنتاج حزم من الأشعّة ذات أطوال موجية مختلفة تُستخدم في الأبحاث العلمية في مجالات مثل الفيزياء والكيمياء

مثال (1)

استُخدمَ مطياف الكتلة لفصل خام اليورانيوم إلى ذرات اليورانيوم (235) واليورانيوم (238) تمّ تأيينُ الذرّات فأصبحت شحنةُ كلّ أيونٍ منها $(1.6\times10^{-19}C)$ ، ثمّ قُذفَت جميعُها داخل مجالٍ مغناطيسيٍّ مُنتظم $(1.2T)$ بسرعة $(4\times10^{4}m/s)$ ، عموديّةٍ عليه $(\theta=90^{o})$. إذا كان نصف قطر مسار أحدهما $(8.177cm)$ ونصف قطر مسار الثاني $(8.281cm)$ ؛ أحسبُ كُلَّ من:

1) الشحنة النوعية لأيون كُلّ ذرّة.

2) كتلةُ كُلّ أيون.

الحل

1)

$$\frac{q}{m_1}=\frac{v}{Br_1}=\frac{4\times10^{4}}{1.2\times8.177\times10^{-2}}=407647.5C/kg$$

$$\frac{q}{m_2}=\frac{v}{Br_2}=\frac{4\times10^{4}}{1.2\times8.281\times10^{-2}}=402527.9C/kg$$

2)

$$\frac{q}{m_1}=407647.5C/kg$$

$$m_1=\frac{q}{407647.5}=\frac{1.6\times10^{-19}}{407647.5}=3.92\times10^{-25}kg$$

$$\frac{q}{m_2}=402527.9C/kg$$

$$m_2=\frac{q}{402527.9}=\frac{1.6\times10^{-19}}{402527.9}=3.97\times10^{-25}kg$$

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.

مثال (2)

ما استخدامات كل من جهازي مطياف الكتلة والسينكروترون؟ وما وظيفة المجال المغناطيسي في كل منهما؟

الحل

مطياف الكتلة يستخدم لقياس كتل الجُسيمات الذريّة لتحديد مكوّنات عيّنةٍ مجهولة

السينكروترون يستخدم لتسريع الجُسيمات المشحونة لإنتاج اشعة كهرومغناطيسية .

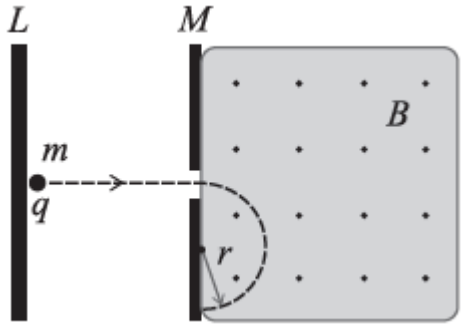
وظيفة المجال المغناطيسي في

مطياف الكتلة تحريك الجسيمات المشحونة حركة دائرية

السينكروترون: تغيير مسار الجسيمات لإبقائها في مسار حلقي (قد يكون دائري)

مثال (2)

في تجربة باستخدام مطياف الكتلة؛ أُدخل جُسيمٌ مشحونٌ مجالَ كهربائيًّا منتظمًا في الحيّز بين الصفيحتين(L) و (M) فتسارع حتى أصبحت سرعته النهائيّة $\left(5.9\times10^{7}\,m/s\right)$ عندما وصل عند الصفيحة(M)، ثم سُمح للجُسيم بدخول مجالٍ مغناطيسيٍّ منتظمٍ مقدارهُ $\left(16T\right)$ ، واتّجاهه خارجٌ من الصفحة (نحو الناظر)وعموديٌّ عليها، كما في الشكل. فاتّخذ الجسيمُ مسارًا دائريًّا نصف قطره $\left(10cm\right)$



أجيب عما يأتي:

أ. ما نوع الشحنة الكهربائيّة التي يحملها الجُسيم؟

ب. ما اتجاه المجال الكهربائي الذي استخدم لتسريع الجُسيم؟

ج. ما مقدار تسارع الجُسيم داخل المجال المغناطيسي؟

د. ما مقدار نسبة شحنة الجُسيم إلى كتلته؟

الحل

أ) حسب قاعدة اليد اليمنى فإن شحنة الجسم موجبة

ب) اتجاه المجال الكهربائي نحو اليمين (باتجاه حركة الجسيم) لان الجسم الموجب يتحرك باتجاه المجال الكهربائي

ج) يتحرك الجسيم بتسارع مركزي يعطى مقداره بالقانون

$$a=\frac{v^2}{r}=\frac{\left(5.9\times10^{7}\right)}{0.1}=3.48\times10^{16}\,m/s^2$$

د) يمكن إيجاد النسبة من القانون التالي:

$$\frac{q}{m}=\frac{v}{Br}=\frac{5.9\times10^{7}}{16\times0.1}=3.69\times10^{7}\,C/kg$$

مسائل إضافية على القوة على جسيم مشحون

السؤال الأول

جُسيم مشحون بشحنةٍ موجبة، يتحرّك في مستوًى أفقيٍّ باتّجاه الشرق $(+x)$ داخل المجال المغناطيسيّ الأرضيّ الذي يتّجه من الجنوب إلى الشمال $(+y)$ أستخدمُ قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتّجاه القوّة المغناطيسيّة التي يؤثّر بها المجال المغناطيسيّ الأرضيّ في الجُسيم.

الحل

حسب قاعدة اليد المينى يكون اتجاه القوة المؤثرة في الجسيم خارج من الصفحة $(+z)$

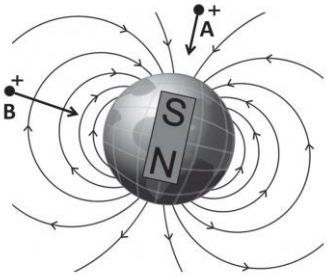
السؤال الثاني

بالاعتماد 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.

الحل

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

السؤال الثالث



لوحظ أنّ الجُسيمات المشحونة القادمة من الفضاء الخارجي والتي تُعرف بالأشعّة الكونيّة تضرب الأرض من جهتي القطبين، كالجُسيم (A) في الشكل، بينما الجُسيمات القادمة من محيط خط الاستواء، مثل الجُسيم (B) لا تصل إلى الأرض. كيف تفسر ذلك اعتمادًا على معرفتك بخصائص المجال المغناطيسيّ للأرض

الحل

الأشعة الكونية: إن الجسيمات (A) التي تتجه نحو الأرض من منطقة القطب يكون اتجاهها موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي للأرض فلا يؤثر فيها بقوة مغناطيسية ولا تنحرف فتصل إلى الأرض. أما الجسيمات(B) القادمة نحو الأرض باتجاه عمودي على خط الاستواء تكون عمودية على خط المجال المغناطيسي فتنحرف أفقيًا بشكل موازي لسطح الأرض ولا تصل إليها .

2 القوة المغناطيسية على موصل كهربائي

عند وضع موصل يسري به تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي فإن هذا الموصل سرف يتأثر بقوة مغناطيسية

مقدارها

$$F_B = ILB\sin(\theta)$$

حيث أن (I) مقدار التيار الكهربائي المار في الموصل

(L) : مقدار طول الموصل المعرض للمجال

(B) مقدار المجال المغناطيسي المؤثر في الموصل

(θ) الزاوية بين متجه المجال ومتجه طول الموصل

متجه طول الموصل: هو متجه مقداره يساوي طول الموصل واتجاهه باتجاه سريان التيار الكهربائي في الموصل

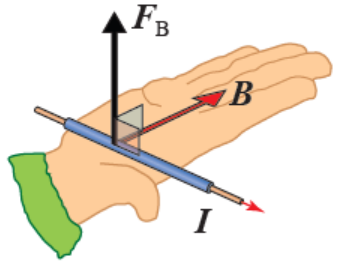
اتجاهها

يعطى اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليمنى حيث

(1) يشير الابهام إلى اتجاه مرور التيار

(2) وتشير باقي أصابع اليد إلى اتجاه المجال

(3) فيشير باطن الكف إلى اتجاه القوة



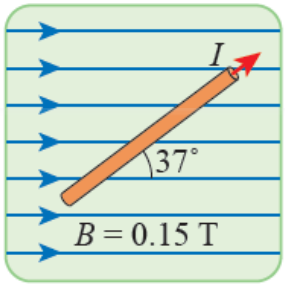
اتجاه **القوة** دائما **عمودي** على اتجاه كلا من **الموصل والمجال**

منشأ القوة على الموصل

من المعلوم أن التيار الكهربائي عبارة عن مجموعة من الشحنات المتحركة وقد درسنا سابقا أن الشحنات المتحركة داخل مجال مغناطيسي تتأثر بقوة مغناطيسية لذلك فإن القوة التي يتأثر بها الموصل تساوي مجموع القوة التي تأثرت بها شحنات التيار المارة في الموصل

مثال (1)

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



الحل

$$F = ILB\sin\theta$$

$$\frac{F}{L} = (8)(0.15)\times\sin(37)$$

$$\frac{F}{L} = 0.72\ N/m \quad , \quad Z-$$

مثال (2)

أحسبُ مقدار مجالٍ مغناطيسيٍّ يؤثّر بقوّةٍ $(75mN)$ في سلكٍ طوله $(5cm)$ يحملُ تيّارًا كهربائيًّا $(3A)$ ويصنع زاوية $(90°)$ مع المجال المغناطيسيّ.

الحل

$$F = ILB\sin(\theta)$$

$$75\times10^{-3} = (3)(5\times10^{-2})(B)(1)$$

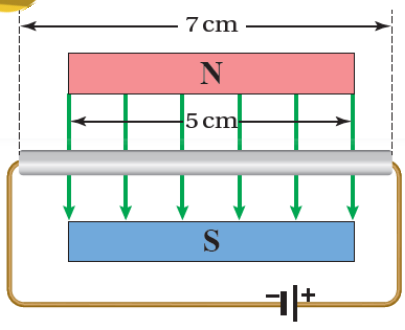
$$B = 5\times10^{-1}T$$

مثال (3)

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

1) اتّجاه القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في السلك.

2) مقدار القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة في السلك.



الحل

1) حسب قاعدة اليد يمنى يكون اتجاه القوة المغناطيسية خارج من الصفحة $(z+)$

2)

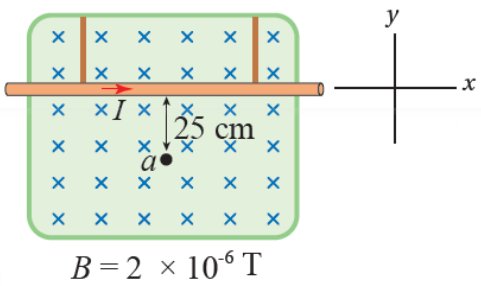
$$F = ILB\sin(\theta)$$

$$F = (5.2)(5\times10^{-2})(250\times10^{-3})(1)$$

$$F = 6.5\times10^{-2}N$$

مثال (4)

موصلٌ مستقيمٌ لانهائي الطول يحملُ تيّارًا كهربائيًّا $(4A)$ معلّقٌ أفقيًا داخل مجالٍ مغناطيسيّ كما في الشكل. اعتمادًا على بيانات الشكل؛ أحسب ما يأتي:



1) المجالُ المغناطيسيُّ المُحصّل عند النقطة (a)

2) مقدارُ القوّةُ المغناطيسيّةُ المؤثّرة في (1) متر من الموصل المستقيم.

3) القوّةُ المغناطيسيّةُ المُحصّلةُ المؤثّرة في جُسيمٍ شحنتهُ موجبةٌ مقدارُها $(2\times10^{-6}C)$ لحظةَ مروره بالنقطة (a) بسرعة $(6\times10^{4}m/s)$ باتجاه $(y-)$

الحل

1)

$$B_a = B_1 + B_2$$

$$B_a = \frac{\mu I}{2\pi r} + \left(2\times10^{-6}\right)$$

$$B_a = \frac{\left(4\pi\times10^{-7}\right)(4)}{2\pi\left(25\times10^{-2}\right)} + \left(2\times10^{-6}\right)$$

$$B_a = 5.2\times10^{-6}T$$

2)

$$F_B = ILB\sin(\theta)$$

$$F_B = (4)\times(1)\times\left(2\times10^{-6}\right)(1)$$

$$F_B = 8\times10^{-6}\,N, \quad y+$$

3)

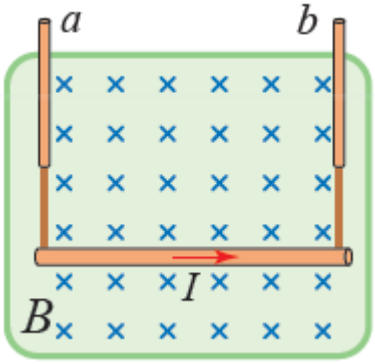
$$F_B = qvB\sin(\theta)$$

$$F_B = \left(2\times10^{-6}\right)\left(6\times10^{4}\right)\left(5.2\times10^{-6}\right)(1)$$

$$F_B = 62.4\times10^{-8}\,N\ ,\ x+$$

مثال (5)

موصلٌ مستقيمُ الشكل طولهُ $(0.45m)$ وكتلتهُ $60g$ في وضعٍ أُفقي معلق بواسطة سلكين رأسيين (a,b) ينقُلان له تيارا كهربائيا مقداره $(5A)$ حيث $(g=9.8m/s^2)$



1- أحسبُ أقل مقدار للمجال المغناطيسيّ الذي يتعامد مع الموصل بحيث يجعل الشدّ في السلكين صفرًا.

2- أحسبُ مجموع الشدّ الكُليّ في السلكين المذكورين عندما ينعكس اتجاه التيّار الكهربائيّ في الموصل.

الحل

1)

$$T = F_B - F_w = 0$$

$$F_w = F_B$$

$$mg = IBL$$

$$0.06 \times 9.8 = 5 \times 0.45 \times B$$

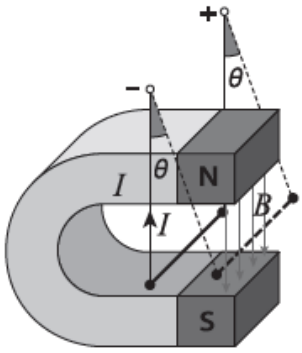
$$B = 0.26T$$

2)

$$T = F_w + F_B = 2F_W = 2 \times 0.06 \times 9.8 = 1.18N$$

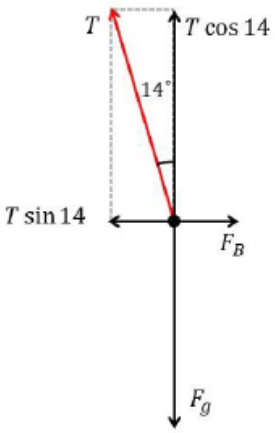
مثال (6)

سلكٌ طوله $(5cm)$ وكتلته $(50g)$ ، معلّقٌ بين قطبي مغناطيسٍ (مجال منتظم) بواسطة سلكين رفيعين مهملي الكتلة، كما في الشكل. عندما يسري فيه تيّار كهربائي $(10A)$ ينحرف عن العموديّ بزاوية $(\theta = 14^o)$. ما مقدار المجال المغناطيسي



الحل

برسم مخطط الجسم الحرّ للسلك أجد أنّ:



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

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

$$\frac{F_B}{F_g} = \tan(14)$$

$$F_B = F_g \tan(14)$$

$$ILB\sin(90) = mg\tan(14)$$

$$(10)(0.05)B(1) = (0.05)\tan(14)$$

$$B = 0.25\text{T}$$

مثال (7)

أوضّح المقصود بمُتّجه طول الموصل، وأبيّنُ كيف أحدّد اتّجاهه.

الحل

هو مُتّجه؛ مقدار هُ يساوي طول الموصل واتّجاهه باتّجاه التيار الكهربائيّ الذي يمرّ في الموصل.

مثال (8)

عدد العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يسري به تيار

الحل

1) مقدار التيار المار في الموصل
2) طول الموصل المعرض للمجال المغناطيسي
3) مقدار المجال المغناطيسي
4) $\sin(\theta)$ حيث الزاوية بين المجال ومتجه الطول

مثال (9)

عدد العوامل التي يعتمد عليها اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يسري به تيار

الحل

1) اتجاه التيار المار في الموصل
2) اتجاه المجال المغناطيسي

مثال (10)

اذكر حالتين لا يتأثر بهما الموصل بقوة مغناطيسية عند وضعه داخل مجال مغناطيسي

الحل

1) عدم مرور تيار كهربائي في الموصل $(I = 0)$
2) مرور التيار، ولكن باتجاه موازي لاتجاه المجال $(\sin(\theta) = 0)$

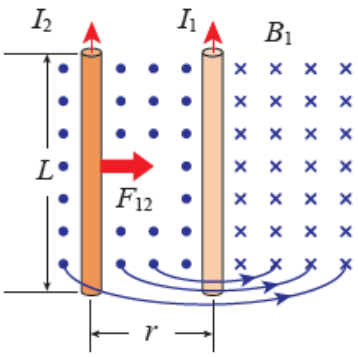
مثال (11)

متى يمكن لشريطٍ من الألمنيوم أن يتأثّر بقوّةٍ مغناطيسيّة عند وضعه في مجال مغناطيسيّ؟

الحل

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

3 القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين



درسنا سابقا أن مرور تيار كهربائي في موصل يولد حوله مجال مغناطيسيا وأيضا درسنا أن الموصل الذي يسري به تيار كهربائي يتأثر بقوة مغناطيسية عند وضعه داخل مجال مغناطيسي.

عند وضع موصلان متوازيان بالقرب من بعضهما كما في الشكل المجاور تتولد قوة متبادلة بينهما بحيث

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

مقدارها

حيث

(F_{12}) مقدار القوة على الموصلين

(I_1, I_2) يمثلا مقدار التيار في كل من الموصلين

(L) هو الطول المشترك بين الموصلين

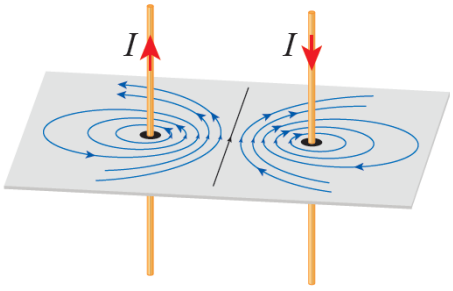
(r) هي المسافة بين الموصلين

اتجاهها

حسب اتجاه التيارين فإن كان التيارين في

(1) نفس الاتجاه --- > تكون **تجاذب**

(2) اتجاهين متعاكسين ---> تكون **تنافر**



دائما تعمل القوة المتبادلة على نقل الموصلين من منطقة المجال القوي إلى منطقة المجال الضعيف (لاحظ الشكل المجاور)

ملاحظات مهمة...

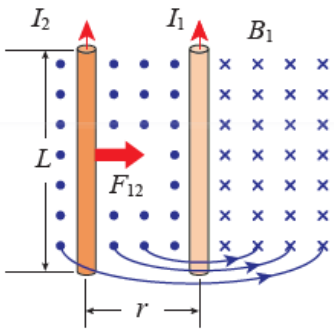
1. مقدار القوة على كل من الموصلين متساوية مقداراً، ولكن متعاكستين في الاتجاه
2. إذا طلب في السؤال مقدار القوة المتبادلة بين وحدة الأطوال من الموصلين نعدل القانون إلى الصورة

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

مثال (1)

بين منشأ القوة المتبادلة بين موصلين مستقيمين متوازيين يمر في كل منهما تيار كهربائي

(اشتق علاقة القوة المتبادلة بين موصلين متوازيين)



الحل

بما أن هنالك تيار يمر في الموصل (1) ينشأ مجال مغناطيسي حوله كما في الشكل السابق يعطى مقداره على بعد (r) بقانون التالي

$$B_1 = \frac{\pi I}{2\pi r}$$

ولإن الموصل (2) يقع ضمن هذا المجال فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها

$$F = I_2 L B \sin(\theta)$$

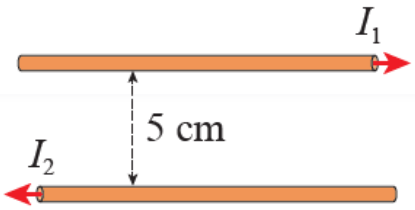
$$F = I_2 L \left(\frac{\mu I_1}{2\pi r}\right) \sin(\theta)$$

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

ملاحظة: يمكن إعادة حل السؤال باعتبار أن الموصل (2) هو مصدر المجال والموصل (1) هو المتأثر بالقوة

مثال (2)

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



الحل

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

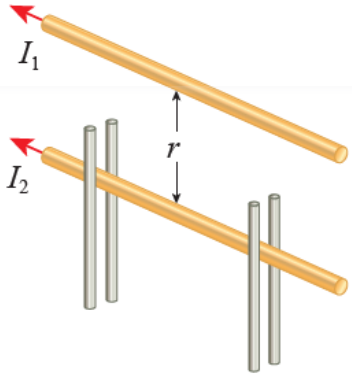
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(8)(2)}{2\pi(5\times 10^{-2})}$$

$$\frac{F}{L} = 6.4\times 10^{-5}\, N/m$$

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

مثال (3)

موصلان متوازيان لا نهائيا الطول يحمل كُلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا $(200A)$ الموصل العُلويّ مُثبّت، والسُّفليّ قابلٌ للحركة رأسيًّا، كما في الشكل المجاور إذا علمتْ أنّ وزن وحدة الأطوال من الموصل السفلي $(0.2N/m)$ أجد المسافة (r) التي تجعله مُتّزنًا.



الحل

عندما يتّزن الموصل السفليّ، فإنّ مقدار وزن وحدة الأطوال منه يساوي مقدار القوّة المغناطيسيّة المؤثّرة لكُلّ وحدة طول

$$F = F_g$$

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

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

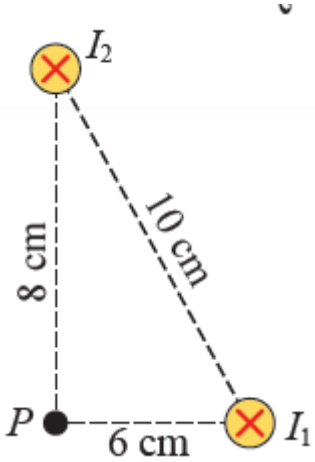
مثال (4)

موصلان مستقيمان متوازيان؛ يحملُ كلٌّ منهما تيّارًا كهربائيًّا باتّجاهٍ داخلَ الصفحة، كما في الشكل. إذا كان تيّار الأول $(12A)$ ، وتيار الثاني $(40A)$

أحسبُ كُلَّ من:

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

2- المجالَ المغناطيسيَّ المُحصّل عند النقطة (P) مقدارًا واتّجاها.



الحل

1)

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

وهي قوة تجاذب

2)

$$B_1=\frac{\mu I_1}{2\pi r_1}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times12}{2\pi\times6\times10^{-2}}=4\times10^{-5}T\ ,\ y+$$

$$B_2=\frac{\mu I_2}{2\pi r_2}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times40}{2\pi\times8\times10^{-2}}=10\times10^{-5}T\ ,\ y-$$

$$B_P=\sqrt{B_1^2+B_2^2}=\sqrt{\left(4\times10^{-5}\right)^2+\left(10\times10^{-5}\right)^2}=10.8\times10^{-5}T$$

B_1 باتجاه محور $(y+)$، B_2 باتجاه محور $(x-)$ المجال المحصل (B_P) يصنع زاوية θ مع محور $(x-)$ حيث:

$$\theta=\tan^{-1}\left(\frac{B_1}{B_2}\right)=\tan^{-1}\left(\frac{4\times10^{-5}}{10\times10^{-5}}\right)=21.8^o$$

مثال (5)

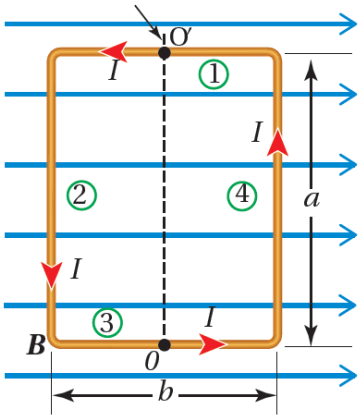
يصلُ سلكان نحاسيان في السيارة بين البطّارية وبادئ الحركة (السلف) عند التشغيل يمرُّ في السلكين تيّار $(300A)$ مدة قصيرة ما مقدار القوّة المُتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، بافتراض أنّهما متوازيان والمسافةُ الفاصلةُ بينهما $(4cm)$ وهل تكون هذه القوّة تجاذبًا أم تنافرًا؟

الحل

$$F=\frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi r}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times300\times300\times1}{2\pi\times4\times10^{-2}}=0.45N/m$$

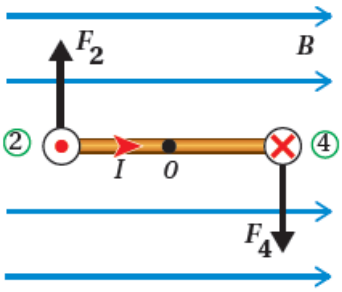
قوة تنافر

4 عزم الازدواج



عند وضع حلقة معدنية يسيري بها تيار كهربائي كما في الشكل المجاور فإن الضلعين (2) و (4) يتأثران بقوة مغناطيسية يعطى مقدارها بالقانون

$$F_B = ILB\sin(\theta)$$
$$F_B = IaB$$



ولا يتأثر الضلعين (1) و (3) لإن اتجاه التيار باتجاه المجال المغناطيسي

وبالنظر إلى الحلقة من الأمام نجد أن الحلقة تتأثر بقوتين متساويتين مقدارا ومتعاكستين اتجاها كما في الشكل المجاور حيث إنهما يشكلا عزم ازدواج على الحلقة يعطى مقدارها بالقانون التالي:

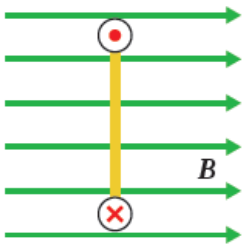
$$\tau_{couple} = F.d$$
$$\tau_{couple} = (IaB)\times b$$
$$\tau_{couple} = (IAB)$$

حيث إن

(a) تمثل طول الحلقة

(b) تمثل عرض الحلقة

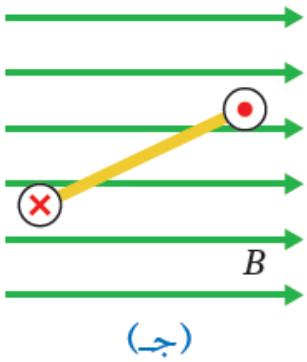
(A) تمثل مساحة الحلقة

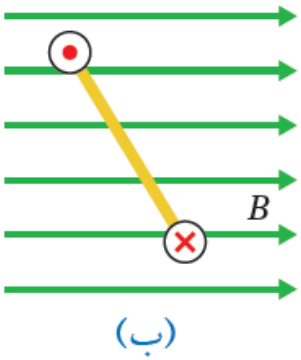


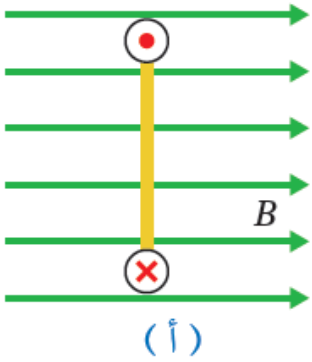
عندما تتحرك الحلقة المعدنية ويصبح سطحها عمودياً على خطوط المجال فإن مقدار العزم صبح صفرا لان اتجاه القوة يكون نحو محور الدوران

مثال (1)

يبيّن الشكلُ المجاور مشاهد لمقطعٍ جانبيٍّ تظهرُ فيه الحافّة القريبةُ من الناظر لحلقةٍ تحملُ تيّارًا كهربائيًّا، موضوعةٍ في مجالٍ مغناطيسيٍّ أفقيّ. حدّدْ اتّجاه الدوران في كلّ حالة (إن وجد)







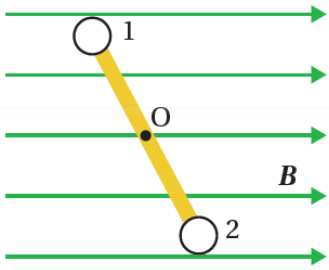
الحل

في الشكل

(أ) لا يوجد عزم دوران (ب) يكون مع اتجاه عقارب الساعة، (ج) يكون عكس اتجاه عقارب الساعة .

مثال (2)

حلقةٌ مستطيلةُ الشكل يسري فيها تيّار ملقاةٌ داخل مجالٍ مغناطيسي منتظم كما يبيّن الشّكل المجاور. إذا علمتَ أنّ الحلقة تدور بعكس حركة عقارب الساعة حول محور عمودي على مستوى الصفحة ويمر بالنقطة (O)، فأُحدّدْ اتّجاه التيّار في كلّ من الضلعين 1 و 2 .



الحل

بما أنّ الحلقة تدور بعكس اتّجاه حركة عقارب الساعة؛ فإنّ الضلع (1) في الحلقة يتأثّر بقوة مغناطيسية باتّجاه $(y-)$ بينما القوّة المغناطيسية المؤثّرة في الضلع (2) تكون باتّجاه $(y+)$ وباستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون التيّار في الضلع (1) باتّجاه $(z-)$ والضلع (2) باتّجاه $(z+)$

مثال (3)

ملفٌّ دائريٌّ نصفُ قطره $(6cm)$ يتكوّن من (20) لفّةً ويحمل تيّارًا كهربائيًّا $(12A)$ معلّقٌ رأسيًّا في مجالٍ مغناطيسي أُفقيّ مُنتظم، مقدارهُ $(0.4T)$ تصنعُ خطوطه زاوية (30^o) مع العمودي على مستوى الملفّ. أجدُ مقدار عزم الازدواج الذي يؤثّر به المجال المغناطيسيّ المُنتظم في الملف.

الحل

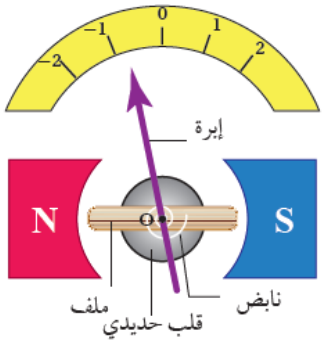
$$\tau = NIAB\sin\theta = NI\left(\pi r^2\right)B\sin\theta$$

$$\tau = 20\times12\times3.14\times0.0036\times0.4\times0.5 = 0.54\,\mathrm{N.m}$$

تطبيقات تكنولوجية

1 الغلفانوميتر

هو أداةٌ تستخدم للكشف عن التيّار الكهربائيّ وقياسه والنوع المُستخدَم منه الآن يسمى الغلفانوميتر ذو الملف المُتحرّك الذي يمكنه قياس تيّارات صغيرة جدا



آلية عمل الجهاز

يعتمد في عمله على العزم الذي يؤثّر به المجال المغناطيسيّ المنتظم في ملفٍّ قابلٍ للدوران عند مرور تيّار كهربائي فيه.

أجزاء الغلفانوميتر ووظائفها

1 قطبا مغناطيس متقابلان

الوظيفة : ينشأ بينهما مجال مغناطيسي يؤثّر بقوّةٍ مغناطيسيّة في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه

2 ملف مستطيل من سلك نُحاسي رفيع معزول

الوظيفة: عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثّر بعزم ازدواج فيدور حول محور يمر بالنقطة (O) وعمودي على الصفحة، وتدور معه إبرةٌ تشيرُ إلى تدريج معين يتناسب مع قيمة التيار.

3 قلبٌ حديدي

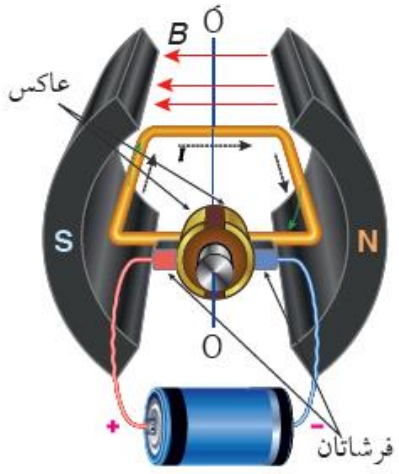
الوظيفة تركيزُ المجال المغناطيسي في الملف لأن الحديد مادّة مغناطيسية تسمح بنفاذية عالية لخطوط المجال المغناطيسي

4 نابضٌ حلزوني مثبت في أحد طرفي المحور.

الوظيفة إرجاع الملفّ إلى وضع الصفر بعد توقف مرور التيّار الكهربائي فيه.

2 المحرك الكهربائي

جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية، يستخدم في كثير من التطبيقات مثل السيارة الكهربائية



أجزاء المحرك ووظائفها

1 قطبا مغناطيس متقابلان

الوظيفة : يولدان مجالا مغناطيسياً

2 ملف من سلك نحاسي معزول

الوظيفة: عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثّر بعزم ازدواج فيدور حول محور يمر بالنقطة (O) وعمودي على الصفحة

3 العاكس

الوظيفة: وهو نصفا أسطوانةٍ موصلة، يتّصل كُلٌّ نصفٍ بأحد طرفي الملفّ، وظيفتهُ توصيل التيّار الكهربائي إلى الملف وعكس اتّجاهه كل نصف دورة.

3 فرشاتان من الكربون

الوظيفة: تلامسان العاكس وتتّصلان بمصدر التيّار، فتنقُلانه إلى العاكس، وعند دوران الملفِّ يحدُث تبديلٌ في تلامُس إحدى الفرشاتين مع أحدِ نصفي العاكس كُلَّ نصفِ دورةٍ، فينعكسُ اتّجاه التيّار الكهربائيّ في الملفّ وتنعكس القُوى المغناطيسيّة المؤثّرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد.

ملاحظة : تعتمد سرعة دوران المُحرّك الكهربائيّ على العزم الذي تُولّدهُ القوّة المغناطيسيّة على الملف.

مسائل اضافية

السؤال الأول

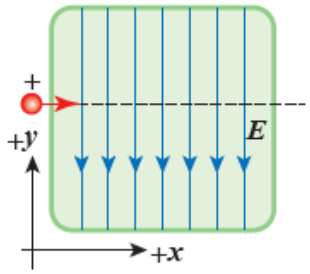
1- من العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوّة المغناطيسيّة التي تؤثّر في جُسيمٍ مشحونٍ مُتحرّك؛ مقدارُ الشحنة وسرعةُ الجُسيم، حيث تزداد القوّة:

أ- بزيادة السرعة ونقص الشحنة.
ب- بزيادة السرعة وزيادة الشحنة.
ج- 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.
ج- 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
ج- باتّجاه محور $(+z)$ ، نحو الناظر.
د- باتّجاه محور $(-z)$ بعيدًا عن الناظر.

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

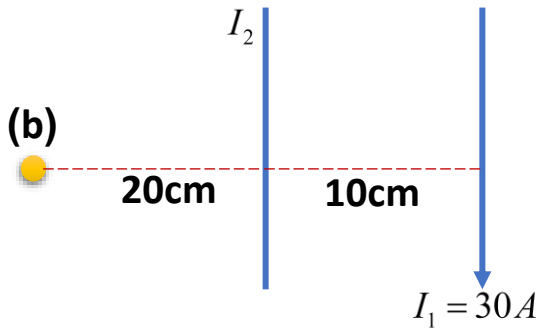
أ- نسبة كتلة الجُسيم إلى مربع شحنته.
ب- نسبة شحنة الجُسيم إلى مربع كتلته.
ج- نسبة كتلة الجُسيم إلى شحنته.
د- نسبة شحنة الجُسيم إلى كتلته.

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.
ج- بنقص الكتلة ونقص السرعة.
د- بنقص الكتلة وزيادة المجال.

السؤال الثاني

في الشكل المجاور مصولان مستقيمان يسري بهما تياران عندما مرت من النقطة (b) شحنة مقدارها $(2\times10^{-6}C)$ بسرعة $(2\times10^{6}m/s)$ باتجاه محور $(x+)$ تأثرت بقوة مقدارها $(4\times10^{-5}N)$ باتجاه محور $(y+)$ احسب مقدار واتجاه التيار المار في الموصل الثاني (I_2)

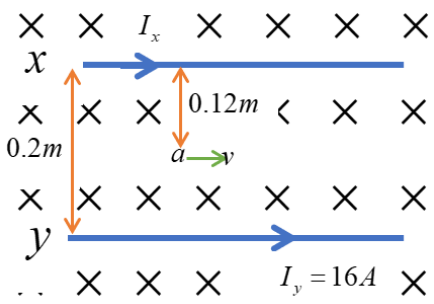


الحل

$$F=qvB_b\sin(\theta)$$
$$(4\times10^{-5})=(2\times10^{-6})(2\times10^{6})B_b(1)$$
$$\Rightarrow B_b=1\times1^{-5}T\ ,\ Z-$$
$$B_1=\frac{\mu I_1}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(30)}{2\pi(30\times10^{-2})}=2\times10^{-5}T\ ,\ z-$$
$$B_b=B_1-B_2$$
$$1\times10^{-5}=2\times10^{-5}-B_2$$
$$B_2=1\times10^{-5}T\ ,\ z+$$
$$B_2=\frac{\mu I_1}{2\pi r}$$
$$1\times10^{-5}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(I_2)}{2\pi(20\times10^{-2})}$$
$$I_2=10A\ ,\ y+$$

السؤال الثالث

يمثل الشكل المجاور سلكين مستقيمين معزولين متوازيين لا نهائيين في الطول، ومغمورين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(2\times10^{-5}\mathrm{T})$ يسري في كل منهما تيار كهربائي، فإذا علمت أن المجال المغناطيسي المؤثر في النقطة (a) والناجم عن السلك (x) يساوي $(2\times10^{-5}\mathrm{T})$ مستعينا بالقيم المثبتة على الشكل احسب :



1) المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (a)

2) التيار الكهربائي المار في السلك (x)

3) القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك نحو الشرق بسرعة $(10^5\mathrm{m/s})$ لحظة مروره بالنقطة (a)

الحل

(1

تتأثر النقطة (a) بثلاث مجالات وهي:

$$B_{ext} = 2\times10^{-5}\,T \quad , \quad (z-)$$

$$B_x = 2\times10^{-5}\,T \quad , \quad (z-)$$

$$B_y = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(16)}{2\pi(8\times10^{-2})} = 4\times10^{-5}\,T \quad , \quad (z+)$$

$$B_a = B_{ext} + B_x - B_y = 0$$

(2

$$B_x = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

$$2\times10^{-5} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(I_x)}{2\pi(12\times10^{-2})} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I_x = 12A$$

(3

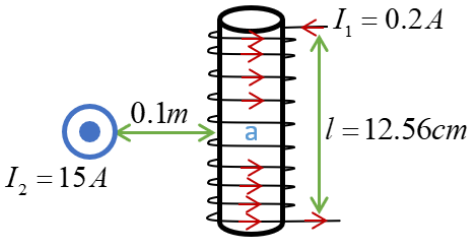
$$F_B = qvB\sin(\theta) = 0$$

السـؤال الرابع

يمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول وملف لولبي عدد لفاته (20) لفة، معتمدا على الشكل وبياناته احسب

1) مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) والتي تقع على محور الملف اللولبي

2) القوة المغناطيسية مقدار واتجاها المؤثرة في جسيم مشحون كهربائية $(4\times10^{-9}C)$ ويتحرك بسرعة $(10^7\,m/s)$ باتجاه الناظر لحظة مروره بالنقطة (a)



الحل

1) تتأثر النقطة (a) بمجالين هما:

$$B_1 = \frac{N\mu_\circ I_1}{l} = \frac{(20)(4(3.14)\times10^{-7})(0.2)}{(12.56\times10^{-2})} = 4\times10^{-5}\,T \quad , \quad (y+)$$

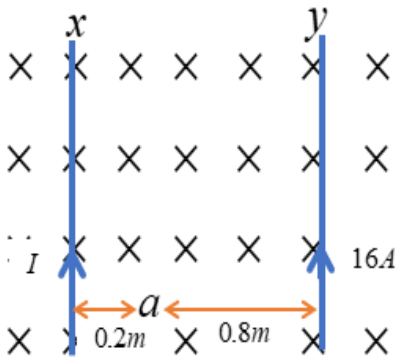
$$B_2 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(15)}{2\pi(0.1)} = 3\times10^{-5}\,T \quad , \quad (y+)$$

$$B_a = B_1 + B_2 = 7\times10^{-5}\,T \quad , \quad (y+)$$

(2

$$F_B = qvB\sin(\theta) = (4\times10^{-9})(10^7)(7\times10^{-5})(1) = 2.8\times10^{-6}\,N \quad , (x-)$$

السؤال الخامس



$(x\ ,\ y)$ سلكان مستقيمان لا نهائيين الطول و متوازيان مغموران في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(2\times10^{-5}T)$, يسري في كل منهما تيار كهربائي كما في الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (a) والناتج عن السلك (x) يساوي $(2\times10^{-5}T)$ معتمدا على الشكل و بياناته

احسب كل مما يأتي:

1) التيار الكهربائي المار في السلك (x)

2) المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (a)

3) مقدار القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (y)

الحل

1)

$$B=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

$$2\times10^{-5}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(I)}{2\pi(2\times10^{-1})}\Rightarrow\Rightarrow\ I=20A$$

2) تتأثر النقطة (x) بثلاث مجالات وهي:

$$B_{ext}=2\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

$$B_x=2\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

$$B_y=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(16)}{2\pi(8\times10^{-1})}=0.4\times10^{-5}T\ ,\ (z+)$$

$$B_a=B_{ext}+B_1-B_2=3.6\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

3)

أولا نجد المجال المحصل المؤثر على الموصل (x)

$$B_{ext}=2\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

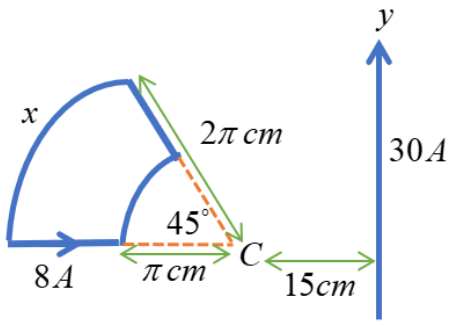
$$B_x=\frac{(4\pi\times10^{-7})(20)}{2\pi(1)}=0.4\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

$$B_{net}=B_{ext}+B_y=2.4\times10^{-5}T\ ,\ (z-)$$

$$\frac{F_B}{L}=IB\sin(\theta)=(16)(2.4\times10^{-5})(1)=38.4\times10^{-5}N/m\ ,\ (x-)$$

السـؤال السادس

يمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول (y) وسلك (x) يحمل كل منهما تيار كهربائي معتمدا على الشكل وبياناته احسب مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم شحنته $(4\times10^{-6}C)$ وسرعته $(2\times10^{5}m/s)$ يتحرك باتجاه محور الصادات السالب وذلك لحظة مرورها بالنقطة (C)



الحل

تتأثر النقطة (C) بثلاث مجالات هم:

$$B_y=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}=\frac{(4\pi\times10^{-7})(30)}{2\pi(15\times10^{-2})}=4\times10^{-5}T\quad,\quad(z+)$$

$$B_{x(1)}=\frac{N\mu_\circ I}{2R}=\frac{\left(\frac{1}{8}\right)(4\pi\times10^{-7})(8)}{2(\pi\times10^{-2})}=2\times10^{-5}T\quad,\quad(z-)\quad,\quad N=\frac{\theta}{360}=\frac{45}{360}=\frac{1}{8}$$

$$B_{x(2)}=\frac{N\mu_\circ I}{2R}=\frac{\left(\frac{1}{8}\right)(4\pi\times10^{-7})(8)}{2(2\pi\times10^{-2})}=1\times10^{-5}T\quad,\quad(z+)$$

$$B_c=B_y+B_{x(2)}-B_{x(1)}=3\times10^{-5}T\quad,\quad(z+)$$

الان يمكن ان نجد القوة المؤثرة في الشحنة

$$F_B=qvB\sin(\theta)=(4\times10^{-6})(2\times10^{5})(3\times10^{-5})(1)=24\times10^{-6}N\ ,\ (x-)$$

السؤال السابع

قذف جسيم مشحون عموديا على مجال مغناطيسي منتظم فاتخذ مسارا دائريا أجب عما يأتي:

1) فسر اتخاذ الجسيم مسارا دائريا

2) هل يبذل المجال المغناطيسي شغلا على الجسيم المشحون ؟ فسر إجابتك

3) ماذا يحدث لنصف قطر المسار الدائري في الحالتين :

أ- إذا أصبحت سرعة الجسيم مثلي ما كانت عليه

ب- إذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه

الحل

1) لأن القوة المغناطيسية تكون دائما عموديا على اتجاه سرعة الجسيم المتحرك خلال المجال

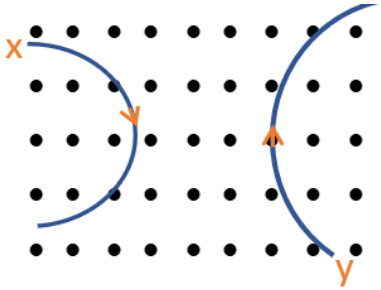
2) المجال المغناطيسي لا يبذل شغلا على الجسيم المتحرك خلاله، لأن القوة المغناطيسية تكون دائما عموديا على اتجاهه الإزاحة وبالتالي لا تبذل شغلا

3)

أ) يزداد (يتضاعف)، لأن نصف القطر يتناسب طرديا مع السرعة

ب) يقل نصف القطر إلى النصف، لأنه يتناسب عكسيا مع السرعة

السؤال الثامن



يمثل الشكل المجاور مسار جسيمين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس مقدار السرعة أجب عما يأتي:

1) ما نوع شحنة كل منهما ؟

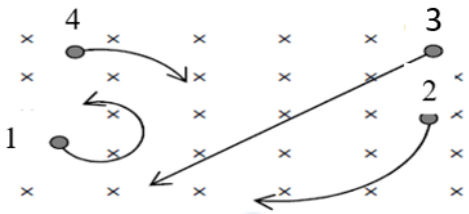
2) أي الجسيمين أكبر كتلة, مفسرا إجابتك ؟

الحل

1) الشحنة (x) موجبة ، الشحنة (y) موجبة

2) الجسيم (y) كتلته أكبر لإن نصف قطر مساره أكبر، حيث أن نصف القطر يتناسب طرديا مع مقدار كتلة الجسم $r = \frac{mv}{qB}$

السؤال التاسع



أدخلت أربع جسيمات (1),(2),(3),(4) متساوية في الكتلة والسرعة فقط باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم متخذة المسارات

الموضحة بالرسم المجاور أجب عما يأتي:

1) حدد نوع الشحنة الكهربائية لكل من الجسيمات الأربعة

2) رتب الجسيمات تنازليا حسب مقدار الشحنة الكهربائية

الحل

1) الجسيم (1) موجب ، الجسيم (2) سالب ، الجسيم (3) متعادل الجسم(4) سالب

2) حسب العلاقة $r=\frac{mv}{qB}$ فإن نصف القطر يتناسب عكسيا مع مقدار الشحنة

وعليه يكون الترتيب

$$q_1 > q_4 > q_2 > q_3$$

السؤال العاشر

دخل جسيم مشحون شحنته $(3.2\times10^{-19}\,C)$ وكتلته $(1.6\times10^{-26}\,kg)$ بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم $(0.4T)$ وبسرعة ثابتة $(2\times10^{6}\,m/s)$ احسب:

1) نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم

2) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في الجسم أثناء حركته

3) إذا ادخل نيوترون بسرعة نفسها بشكل عمودي على المجال المغناطيسي فاحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في النيوترون

الحل

(1

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{(1.6\times10^{-26})(2\times10^{6})}{(3.2\times10^{-19})(4\times10^{-1})}=0.25m$$

(2

$$F_B=\frac{mv^2}{r}=\frac{(1.6\times10^{-26})(4\times10^{12})}{(0.25)}=2.56\times10^{-13}\,N$$

(3

النيوترون جسم متعادل(غير مشحون) لن يتأثر بقوة مغناطيسية

$$F_B=qvB\sin(\theta)=0 \quad ,q=0$$

السؤال (11)

ملف لولبي طوله $(20\pi\ cm)$ وعدد لفاته (40) لفة يحمل تيار كهربائي $(2A)$ احسب:

1) المجال المغناطيسي داخل الملف وعلى امتداد محوره

2) إذا وضع سلك مستقيم طوله $(10cm)$ داخل الملف ومنطبقا على محوره ويمر به تيار مقداره $(4A)$ احسب القوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك من مجال الملف

الحل

(1

$$B=\frac{N\mu_{\circ}I}{L}=\frac{(40)(4\pi\times10^{-7})(2)}{(20\pi\times10^{-2})}=16\times10^{-5}T$$

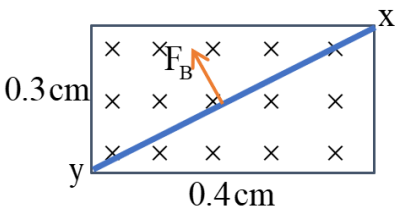
(2

لن يتأثر بقوة مغناطيسية لان اتجاه التيار يوازي اتجاه المجال المغناطيسي

$$F_B=ILB\sin(\theta)=0 \qquad (\theta=0\ ,\ \theta=180)$$

السـؤال (12)

موصل $(x\ y)$ يحمل تياراً كهربائياً منطبقاً على قطر منطقة مستطيلة الشكل تحتوي مجالاً مغناطيسياً منتظماً $(0.3T)$ إذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل $(3\times10^{-2}N)$ بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور جد التيار المار في الموصل وحدد اتجاهه



الحل

$$F_B=ILB\sin(\theta) \qquad L=\sqrt{(0.3^2)+(0.4^2)}=0.5cm$$

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

$$I=20A$$

والاتجاه حسب قاعدة اليد اليمنى من (y) إلى (x)

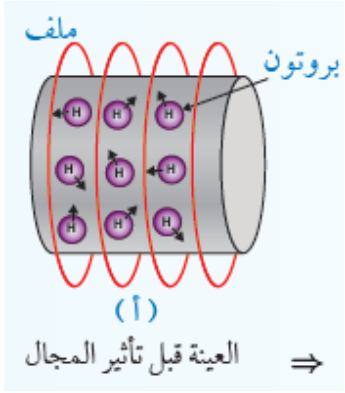
الإثراء والتوسع : التصوير باستخدام تقنية الرنين المغناطيسي

التصوير بالرنين المغناطيسي: تقنيةٌ غير جراحيّةٍ تنتجُ صورًا تشريحيّةً واضحةً ثلاثيّة الأبعاد لجسم الإنسان، تساعدُ في الكشف عن الأمراض وتشخيصها.

مكونات جهاز الرنين المغناطيسيّ

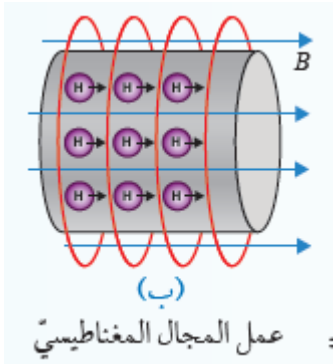
يتكوّن جهاز الرنين المغناطيسي من ثلاثة أجزاءٍ رئيسةٍ هي:

(1) ملفّاتٌ مغناطيسيّة (2) مصدر موجات راديو (3) جهاز حاسوب.



خلايا الجسم قبل استخدام الجهاز

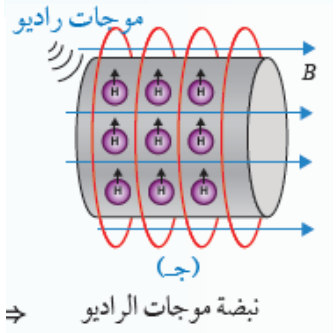
تحتوي خلايا جسم الإنسان على نسبةٍ كبيرةٍ من الماء الذي يتكوّن من الأكسجين والهيدروجين، ولكلّ ذرّة هيدروجينٍ عزم ثناقطبي مغناطيسيّ. وفي غياب مجالٍ مغناطيسيٍّ خارجيٍّ تكون اتّجاهاتُ العزوم المغناطيسيّة في الجسم موزّعةً في الاتّجاهات كافّةً بشكلٍ عشوائي، كما في الشكل (أ)



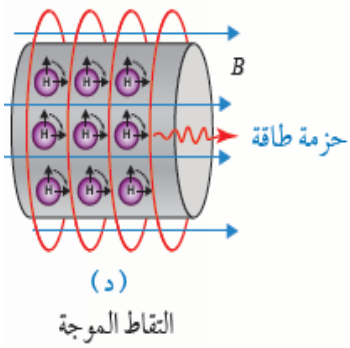
خطواتُ عمل الجهاز:

(1) تولّد الملفاتُ مجالًا مغناطيسيًّا خارجيًّا يخترق الجسم، مؤدّيًا إلى اصطفاف لعزوم المغناطيسيّة لذرّات الهيدروجين في اتّجاهِ المجال المغناطيسيّ نفسه، وتصبح في وضع اتّزان، الشكل (ب)

(2) يُطلق مصدرُ موجات الراديو نبضةً من الموجات تخترق الجسم؛ فتؤدّي إلى انحراف العزوم المغناطيسيّة لذرات الهيدروجين بزاوية (90°) عن اتّجاه المجال المغناطيسيّ الخارجي، الشكل (ج)



(3) 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.

الربط مع التكنولوجيا

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

الربط مع الفضاء

تحتاج الأقمار الصناعية لضبط توجيهها من حين إلى آخر؛ لذا تُزوَّد بملفاتٍ يجري إيصالها بالتيار عند الحاجة؛ فيؤثّر المجال المغناطيسيّ الأرضيّ فيها بعزمٍ يعمل على تدوير القمر الصناعي لضبط اتّجاهه. علمًا بأنّ مصدر التيّار هو الخلايا الشمسية.

الربط مع الكمياء

الموجاتُ الكهرومغناطيسية الصادرة عن السينكروترون، يمكن التحكّم فيها لإعطاء حُزَمٍ تتراوح أطوالها المَوجيّة من تحت الحمراء إلى الأشعة السينيّة، وتكون ذات شدّة عالية جدًّا. ويستخدم 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)