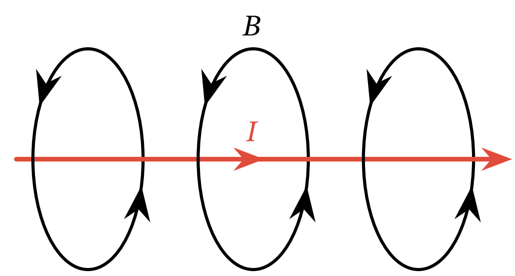
شارح: المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمرُّ في ملف دائري

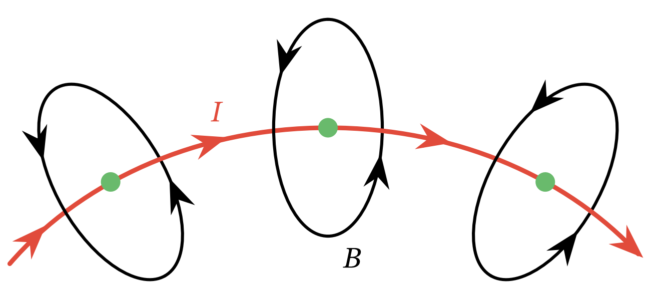
في هذا الشارح، سوف نتعلم كيف نحسُب شدة المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري.

عند مرور تيار في سلك موصِّل، ينشأ مجال مغناطيسي كما في الشكل التالي. توضح الخطوط البرتقالية بعض خطوط المجال المغناطيسي.

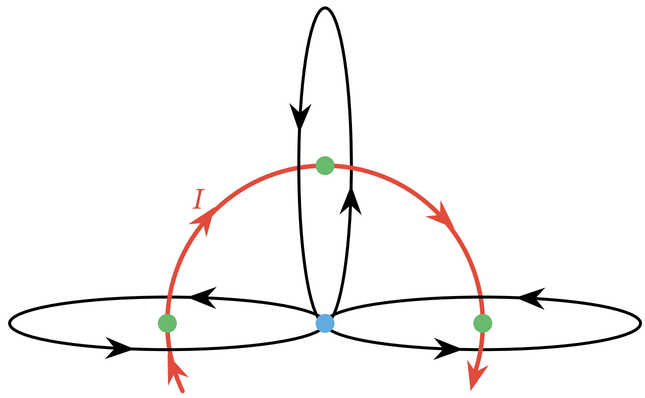


يعتمد هذا المجال المغناطيسي على اتجاه التيار وشكل السلك.

على سبيل المثال، لننظر إلى سلك منحنٍ. يتغير اتجاه المجال المغناطيسي كلما انحنى السلك. يوضح الشكل التالي المجال المغناطيسي حول ثلاث نقاط على طول السلك، وهي النقاط الموضحة باللون الأخضر.

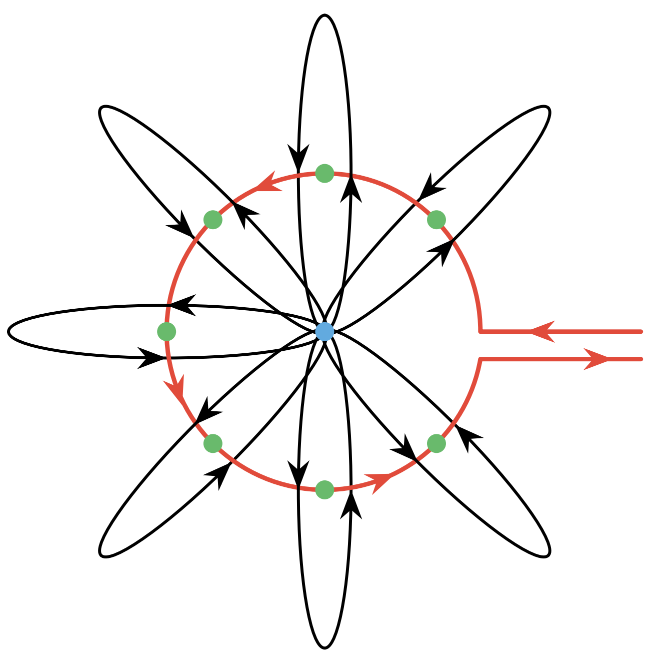


يمكننا الاستمرار في ثني هذا السلك لنجعله نصف دائرة. ومن ثَمَّ، تتداخل اتجاهات المجال المغناطيسي حول النقاط المختارة عند نقطة محددة، كما هو موضح في الشكل التالي.

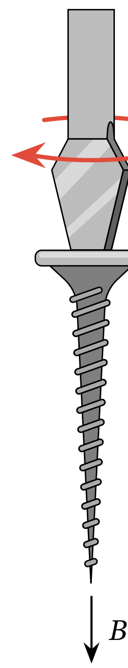


فكلما ابتعدت عن السلك؛ أصبحت قوة المجال المغناطيسي أضعف. أما إذا كان السلك منحنيًا على هذا النحو، تتداخل خطوط المجال المغناطيسي وتتحد بعضها مع البعض؛ ما ينتج عنه مجال أقوى عند هذه النقطة في المركز.

ثُنِي سلك لتكوين دائرة كاملة ينتج عنه مجال مغناطيسي قوي في اتجاه واحد عند مركز الدائرة.

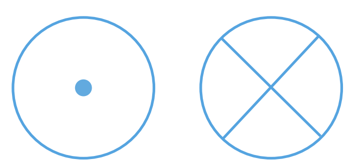


يمكن تحديد اتجاه هذا المجال المغناطيسي الناتج باستخدام قاعدة البريمة لليد اليمنى. لا يمكن تدوير البريمة إلا في اتجاه واحد فقط لإدخالها في سطح ما.



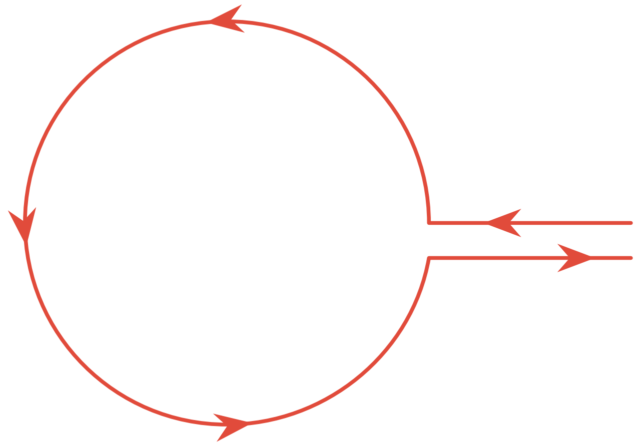
الاتجاه الذي علينا تدوير البريمة فيه هو اتجاه التيار في الملف. واتجاه حركتها داخل السطح، هو اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز هذا الملف.

عند الإشارة في أحد الاتجاهين إلى داخل الشاشة أو خارجها، نستخدم أحد الرمزين التاليين لتوضيح ذلك.

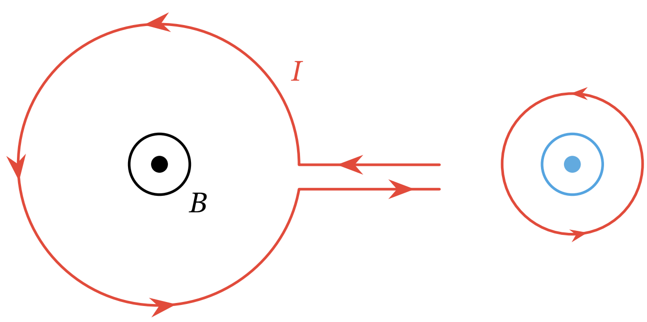


يشبه هذان الرمزان ما نراه إذا نظرنا إلى بريمة تشير باتجاهنا أو بعيدًا عنا.

مرة أخرى، لنلقِ نظرة على اتجاه المجال المغناطيسي في الشكل أعلاه.



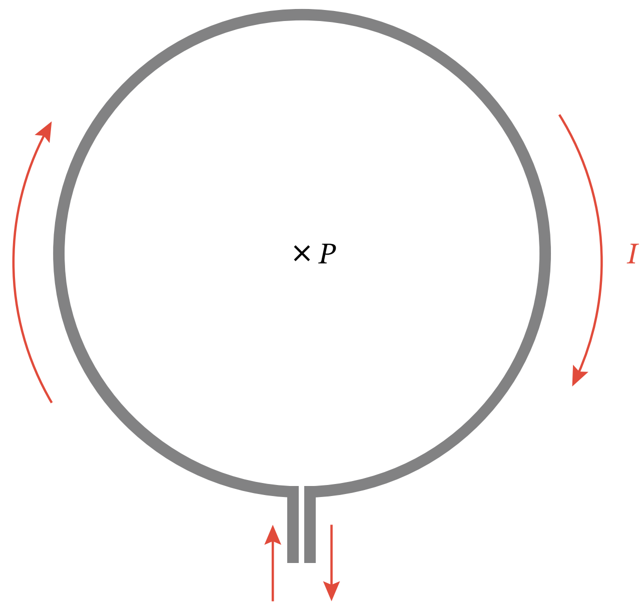
اتجاه التيار في الملف عكس اتجاه عقارب الساعة. وبذلك، فإن اتجاه دوران البريمة يجب أن يكون عكس اتجاه عقارب الساعة. ومن ثَمَّ، يجب أن يكون اتجاه البريمة خارجًا من الشاشة. وهذا يعني أن اتجاه المجال المغناطيسي يكون أيضًا خارجًا من الشاشة.



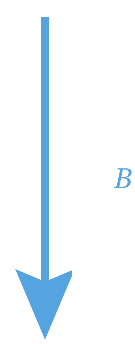
لنُلقِ نظرة على مثال.

مثال ١: اتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملف

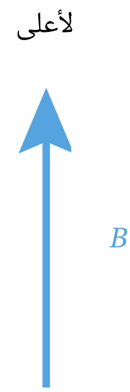
يمر تيار ثابت I في ملف دائري في اتجاه عقارب الساعة عند النظر إليه من أعلى. يَنتُج عن التيار مجال مغناطيسي. بِناءً على الشكل، حدِّد اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف.



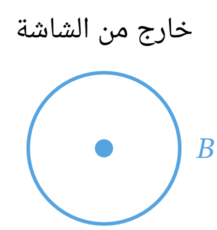
لأسفل



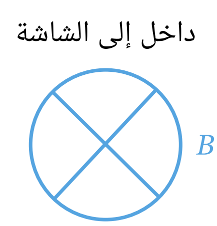
(أ)



(ب)



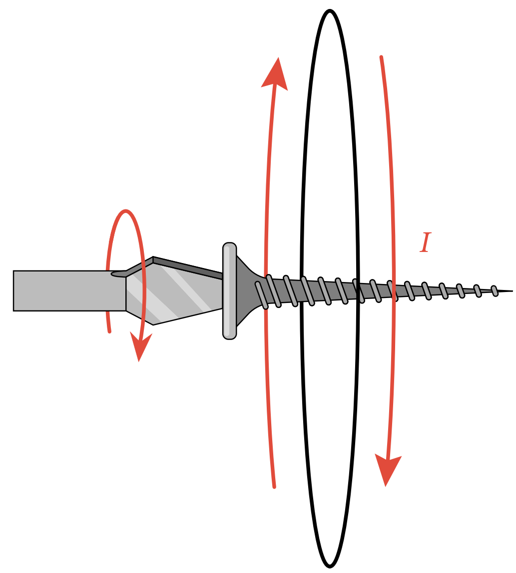
(ج)



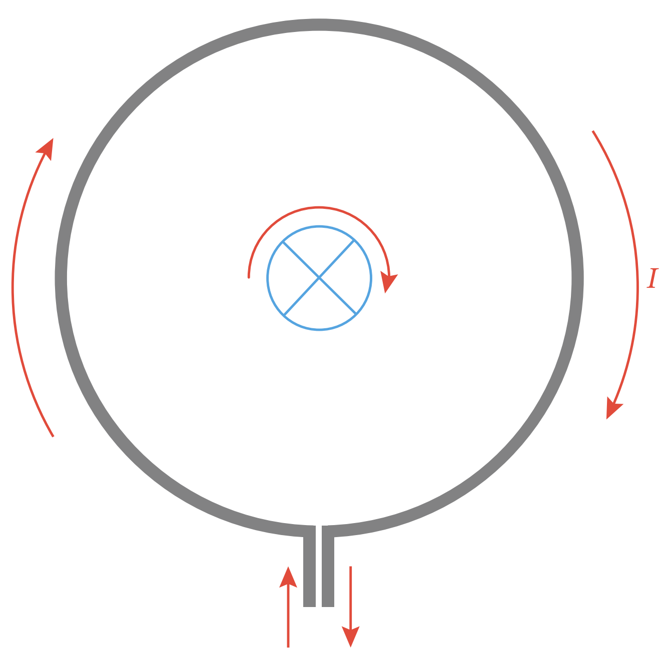
(د)

الحل

المجال المغناطيسي الناتج عن سلك يمر به تيار يكون في اتجاه واحد عند المركز. باستخدام قاعدة البريمة لليد اليمنى، نعرف أن الاتجاه الذي يجب أن تدور فيه البريمة هو نفسه اتجاه التيار في هذا الملف؛ أي اتجاه عقارب الساعة. لنُلقِ نظرة على هذه البريمة من زاوية جانبية.



لكي تدور البريمة في اتجاه عقارب الساعة، يجب أن تشير إلى داخل الملف. بالنسبة للمنظور الأصلي، هذا يعني أن البريمة يجب أن تشير إلى داخل الشاشة.



ومن ثَم، فإن الإجابة هي الخيار (د): إلى داخل الشاشة.

تساهم كل نقطة من الملف في شدة المجال المغناطيسي عند المركز. لإيجاد شدة المجال عند مركز الملف، توجد صيغة بسيطة يمكننا استخدامها.

معادلة: شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف يمر به تيار

يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي B عند مركز ملف يمر به تيار من خلال المعادلة:

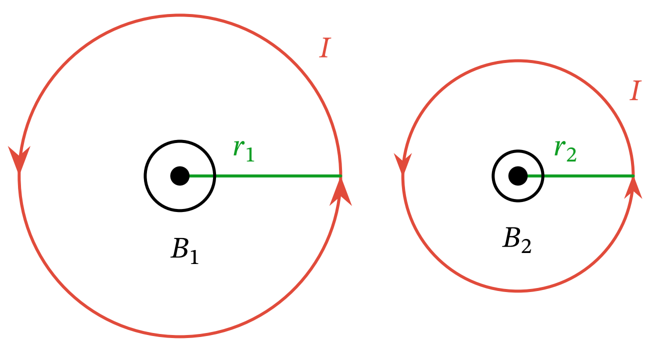
$$B = \frac{\mu_0 I}{2r},$$

حيث I هو شدة التيار في الملف، r هو نصف قطر الملف، μ_0 هي النفاذية المغناطيسية للفراغ التي يُعوض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$.

إذن، إذا كان نصف قطر الملف وشدة التيار معلومين، يمكننا حساب شدة المجال المغناطيسي.

كلما زادت شدة التيار في الملف، زادت شدة المجال المغناطيسي أيضًا. وذلك لأن شدة المجال المغناطيسي تتناسب طرديًّا مع شدة التيار.

وكلما زاد نصف القطر، تقل شدة المجال المغناطيسي. وذلك لأن شدة المجال المغناطيسي تتناسب عكسيًّا مع نصف قطر الملف. يوضح الشكل التالي ملفين لهما شدة التيار نفسها، ولكن لهما نصفا قطرين مختلفان.

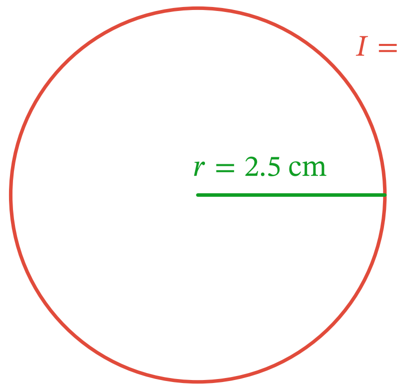


$r_1 > r_2$

ومن ثم $B_1 < B_2$

وبما أن للملفين شدة التيار نفسها، I، فنصف القطر هو العامل الوحيد الذي يؤثر على شدة المجال المغناطيسي. ومن ثَمَّ، الملف ذو نصف القطر الأكبر، r_1، يكون له شدة المجال المغناطيسي الأقل، B_1.

لنُلقِ نظرة على استخدام هذه المعادلة مع بعض القيم. لنفترض أن لدينا مِلَفًّا نصف قطره $2.5\ \mathrm{cm}$ ويحمل تيارًا شدته $1\ \mathrm{A}$.



قبل استخدام هذه القيم لحساب شدة المجال المغناطيسي عند مركز هذا الملف، علينا التأكُّد من تطابق الوحدات. النفاذية المغناطيسية للفراغ، μ_0، تكون بالوحدة التسلا متر لكل أمبير. هذا يعني أننا نريد الطول بوحدة المتر وليس بوحدة السنتيمتر.

لتحويل $2.5\ \mathrm{cm}$، نحن نعلم أنه يوجد $100\ \mathrm{cm}$ في المتر

واحد:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}}.$$

وبضرب ذلك في $2.5\ \mathrm{cm}$ يعطينا:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}} \times 2.5\ \mathrm{cm} = 0.025\ \mathrm{m}.$$

لدينا الآن جميع القيم اللازمة للتعويض في معادلة شدة المجال المغناطيسي لملف:

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

شدة التيار تساوي $1\ \mathrm{A}$، r تساوي $0.025\ \mathrm{m}$ والنفاذية المغناطيسية للفراغ تساوي $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$:

$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}\right)(1\ \mathrm{A})}{2\,(0.025\ \mathrm{m})}.$$

تُلغى وحدتا أمبير من البسط، وبضرب الرقمين في المقام:

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.05\ \mathrm{m}}.$$

عند القسمة، تُلغى وحدة المتر، وتتبقى فقط تسلا:

$$\frac{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.05\ \mathrm{m}} = 2.51 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}.$$

إذن، الملف الذي نصف قطره يساوي 2.5 cm وشدة التيار عبره 1 A، تساوي شدة المجال المغناطيسي عند مركزه 2.51×10^{-5} T.

لنُلقِ نظرة على سؤال.

مثال ٢: شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف

يمر به تيار ثابت شدته 0.9 A. في ملف دائري نصف قطره 13 mm. احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف. أوجد إجابتك بوحدة التسلا، بالصيغة العلمية لأقرب منزلة عشرية. استخدم القيمة $4\pi\times10^{-7}$ T⋅m/A للتعويض عن μ_0.

أ. 3.3×10^{-3} T

ب. 1.4×10^{-5} T

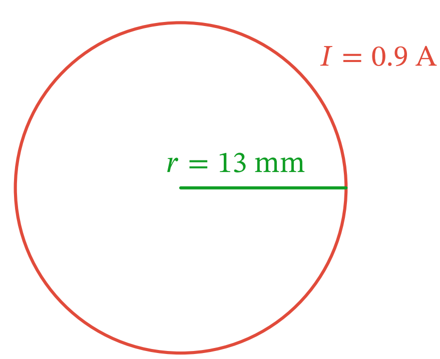
ج. 8.7×10^{-5} T

د. 3.5×10 T

هـ. 4.3×10^{-5} T

الحل

الملف له هذا الشكل.



لإيجاد شدة المجال المغناطيسي لهذا الملف، سنستخدم المعادلة:

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

لدينا قيمتا شدة التيار، 0.9 A، ونصف القطر، 13 mm. لكن قبل استخدام هاتين القيمتين مباشرة، يجب أن تكون الوحدات متطابقة. نريد نصف القطر، الذي يساوي 13 ملليمترًا أن يكون بوحدة المتر ليتناسب مع وحدة النفاذية المغناطيسية للفراغ.

يوجد $1\,000 \text{ mm}$ في 1 m:

$$\frac{1 \text{ m}}{1\,000 \text{ mm}}.$$

وبضرب هذا في 13 mm نحصل على

$$\frac{1 \text{ m}}{1\,000 \text{ mm}} \times 13 \text{ mm} = 0.013 \text{ m}.$$

إذن، نصف القطر يساوي: 0.013 متر.

يمكننا الآن التعويض بالقيم 0.9 A، 0.013 m، $4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ في المعادلة:

$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}\right)(0.9 \text{ A})}{2\,(0.013 \text{ m})}.$$

تُلغى وحدتا الأمبير في البسط، عند ضرب شدة التيار والنفاذية معًا:

$$B = \frac{3.6\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}}{2\,(0.013 \text{ m})}.$$

وبضرب القيمتين في المقام، نحصل على التالي:

$$B = \frac{3.6\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}}{0.026 \text{ m}}.$$

تؤدي القسمة إلى إلغاء وحدة المتر وتتبقى فقط تسلا:

$$\frac{3.6\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}}{0.026 \text{ m}} = 4.349 \times 10^{-5} \text{ T}.$$

إذن، فإن شدة المجال المغناطيسي عند مركز هذا الملف، مقرَّبةً لأقرب منزلة عشرية، تساوي $4.3 \times 10^{-5} \text{ T}$.

إذن، الإجابة الصحيحة هي الخيار (هـ).

إذا كانت شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف معلومة، فيمكن استخدامها لإيجاد متغيرات أخرى في المعادلة.

على سبيل المثال، لنفترض أن لدينا ملفًّا نصف قطره غير معروف. إذا كانت شدة التيار في السلك وشدة المجال المغناطيسي عند المركز معروفتين، يمكن إذن إيجاد نصف القطر. لنبدأ بالمعادلة الأساسية وهي:

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

لكي نعزل نصف القطر في طرف بمفرده، نريد أن يكون r في أحد الطرفين. يمكننا فعل ذلك بضرب الطرفين في r كالتالي:

$$B \times r = \frac{\mu_0 I}{2r} \times r.$$

وهذا يُلغي r في الطرف الأيمن من المعادلة:

$$rB = \frac{\mu_0 I}{2}.$$

ولنحصل على r بمفرده، نقسم الطرفين على B:

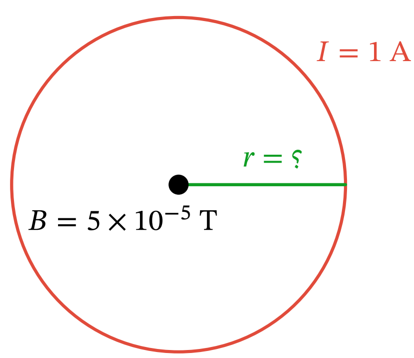
$$\frac{rB}{B} = \frac{\mu_0 I}{2B}.$$

تُلغى B في الطرف الأيسر، ويتبقى:

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

ومن ثَمَّ، يمكن استخدام هذه الصيغة الجديدة للمعادلة لإيجاد نصف قطر الملف.

لنفترض أن لدينا ملفًّا مثل الموضح في الشكل التالي.



نصف القطر غير معروف، لكن شدة التيار تساوي $1\ \mathrm{A}$ وشدة المجال المغناطيسي عند المركز تساوي $5 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$. لإيجاد نصف القطر، علينا التعويض بالقيمتين الأُخرَيين في المعادلة الجديدة. وبالتعويض بقيمة النفاذية المغناطيسية للفراغ، $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$، يكون لدينا:

$$r = \frac{\mu_0 I}{2B}$$
$$r = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}\right)(1\ \mathrm{A})}{2\left(5 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}\right)}.$$

تُلغى وحدتا الأمبير في البسط؛ حيث إنهما مضروبان إحداهما في الأخرى:

$$r = \frac{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{2\left(5 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}\right)}.$$

وبضرب القيمتين في المقام يصبح لدينا:

$$r = \frac{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{10 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}}.$$

عند إجراء القسمة، تُلغى الوحدتان تسلا، ويتبقى فقط متر:

$$r = 1.257 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}.$$

إذا قرَّبنا هذه القيمة إلى أقرب منزلتين عشريتين، فسيكون نصف قطر الملف متر 1.26×10^{-2}.

يمكن أيضًا إعادة ترتيب معادلة شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف لإيجاد التيار المجهول. بالنظر مرة أخرى إلى المعادلة الأساسية:

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

نبدأ بعزل I عن طريق ضرب الطرفين في $2r$ كالتالي:

$$B \times 2r = \frac{\mu_0 I}{2r} \times 2r.$$

وهذا يلغي $2r$ في الطرف الأيمن من المعادلة:

$$2rB = \mu_0 I.$$

نقسم بعد ذلك الطرفين على النفاذية المغناطيسية للفراغ، μ_0 على النحو التالي:

$$\frac{2rB}{\mu_0} = \frac{\mu_0 I}{\mu_0}.$$

سيؤدي هذا إلى إلغاء النفاذية المغناطيسية للفراغ، وتتبقى شدة التيار فقط:

$$\frac{2rB}{\mu_0} = I.$$

لنلق نظرة على مثال يستخدم هذه الصورة من المعادلة.

مثال ٣: تحديد شدة تيار في ملف

ملف دائري نصف قطره 9.5 cm يمر به تيار ثابت شدته I A. شدة المجال المغناطيسي الناتج عن التيار عند مركز الملف تساوي 5.2×10^{-5} T. احسب I، لأقرب منزلة عشرية. استخدم القيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$ للتعويض عن μ_0.

الحل

شدة التيار في هذا السلك غير معروفة، ولكنَّ شدة المجال المغناطيسي ونصف القطر معروفان. يمكننا إيجاد شدة التيار باستخدام المعادلة المعدلة لشدة المجال المغناطيسي لملف:

$$I = \frac{2rB}{\mu_0}.$$

للحصول على الوحدات الصحيحة، علينا أولًا تحويل نصف القطر من سنتيمتر إلى متر. يوجد 100 cm في 1 m:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}}.$$

بضرب هذا في 9.5 cm نحصل على:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}} \times 9.5\ \mathrm{cm} = 0.095\ \mathrm{m}.$$

نصف القطر يساوي 0.095 m وشدة المجال المغناطيسي تساوي 5.2×10^{-5} T. والقيمة التي نستخدمها للتعويض عن μ_0 هي $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$. إذن، يصبح لدينا:

$$I = \frac{2\,(0.095\ \mathrm{m})\,(5.2 \times 10^{-5}\ \mathrm{T})}{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}}.$$

وبضرب قيم البسط جميعًا، نحصل على الوحدة تسلا متر($\mathrm{T{\cdot}m}$) في البسط:

$$I = \frac{9.88 \times 10^{-6}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}}.$$

وبالقسمة تلغى وحدة التسلا متر، ويتبقى فقط $\frac{1}{\mathrm{A}}$ في المقام:

$$I = \frac{9.88 \times 10^{-6}}{4\pi \times 10^{-7} \frac{1}{\mathrm{A}}}.$$

الحد $\frac{1}{\text{A}}$ الموجود في المقام يكافئ A في البسط. وهذا لأن القسمة على عدد هي نفسها الضرب في مقلوبه:

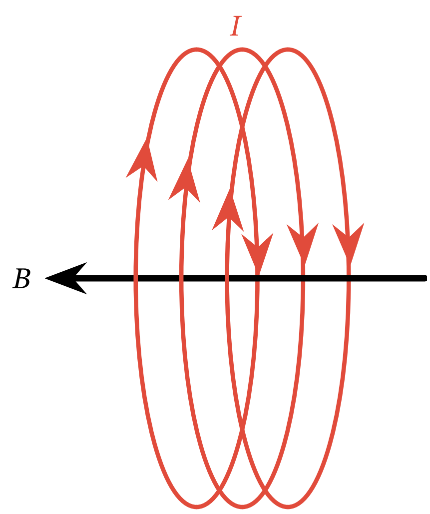
$$\frac{1}{\frac{1}{\text{A}}} = 1 \times \text{A}$$
$$1 \times \text{A} = \text{A}.$$

إذن، عند قسمة الأعداد، يتبقى لدينا وحدة الأمبير:

$$\frac{9.88 \times 10^{-6}}{4\pi \times 10^{-7}} \text{ A} = 7.86 \text{ A}.$$

بالتقريب لأقرب منزلة عشرية، تكون شدة التيار في الملف الدائري 7.9 أمبير.

لزيادة شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف، يمكن زيادة شدة التيار أو تقليل نصف القطر. وهناك طريقة أخرى لزيادة شدة المجال المغناطيسي وهي إضافة المزيد من اللفات.



عندما يكون لدينا مجموعة من اللفات التي لها بالضبط نفس نصف القطر وشدة التيار، فإننا نوجد شدة المجال المغناطيسي عند مركزها باستخدام المعادلة التالية.

معادلة: شدة المجال المغناطيسي عند مركز لفات متعددة من سلك يمر به تيار

شدة المجال المغناطيسي B عند مركز مجموعة من اللفات، التي لها نصف القطر نفسه وتحمل التيار نفسه، تساوي:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r},$$

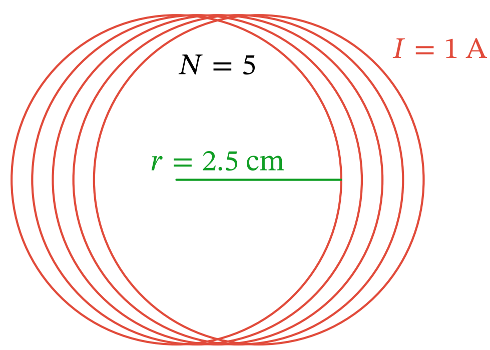
حيث I هو شدة التيار في اللفات، r هو نصف قطر اللفات، N هو عدد اللفات، μ_0 هي النفاذية المغناطيسية للفراغ التي يُعوض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}$ T⋅m/A.

إذا كان N يساوي 1، فالمعادلة ستكون هي نفس المعادلة الأساسية لشدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف. كل لفة إضافية تضاعف شدة المجال المغناطيسي الكلية؛ ومن ثَمَّ لفتين تضاعف الشدة، وثلاث لفات تزيد الشدة بمقدار ثلاثة أضعاف، وهكذا.

هذه المعادلة هي ببساطة معادلة اللفة المنفردة مضروبة في عدد اللفات:

$$B_{\text{لفات متعددة}} = B_{\text{لفة منفردة}} \times N$$
$$\frac{\mu_0 N I}{2r} = \frac{\mu_0 I}{2r} \times N.$$

لنلقِ نظرة أخرى على مثال الملف الذي يحمل تيارًا شدته 1 A ونصف قطره 2.5 cm. إذا وضعنا خمس لفات تباعًا، فستبدو بالشكل التالي.



وبما أن لدينا خمس لفات، فإن قيمة N في هذه المعادلة ستكون 5. وقيمة شدة التيار تظل 1 A؛ حيث إن عدد اللفات لا يغير قيمة شدة التيار. نحن نعلم في هذا المثال سابقًا أن نصف القطر مقيسًا بالمتر يساوي 0.025 m. إذن، بالتعويض بهذه القيم في المعادلة نحصل على:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r}$$
$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}\right)(5)(1\ \mathrm{A})}{2\,(0.025\ \mathrm{m})}.$$

بضرب القيم في البسط تلغى وحدة الأمبير، وتبقى تسلا متر. وليس للفات الخمسة أي وحدات:

$$B = \frac{6.28 \times 10^{-6}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{2\,(0.025\ \mathrm{m})}.$$

وبضرب العدد 2 في المقام في نصف القطر:

$$B = \frac{6.28 \times 10^{-6}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.05\ \mathrm{m}}.$$

بقسمة هاتين القيمتين تلغي وحدة المتر، وتظل فقط وحدة شدة المجال المغناطيسي تسلا:

$$\frac{6.28 \times 10^{-6}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.05\ \mathrm{m}} = 1.26 \times 10^{-4}\ \mathrm{T}.$$

إذا قارنا بين هذه القيمة $1.26 \times 10^{-4}\ \mathrm{T}$ والقيمة الخاصة باللفة الواحدة التي لها نفس نصف القطر وشدة التيار، نجد أنها أكبر بمقدار خمس مرات.

لنُلقِ نظرة على مثال.

مثال ٤: تحديد المجال المغناطيسي في ملف يتكون من عدة لفات

ملف دائري رفيع نصف قطره $4.2\ \mathrm{cm}$ يحمل تيارًا ثابتًا شدته $3.9\ \mathrm{A}$. يتكون الملف من 35 لفة. ما شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف؟ اكتب إجابتك بوحدة التسلا بالصيغة العلمية لأقرب منزلة عشرية. استخدم $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$.

أ. $1.7 \times 10^{-6}\ \mathrm{T}$

ب. $4.1 \times 10^{-3}\ \mathrm{T}$

ج. $4.9 \times 10^{-2}\ \mathrm{T}$

د. $5.8 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$

هـ. $2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{T}$

الحل

بدلًا من صف العديد من اللفات بإتقان، يُستخدم في الإلكترونيات سلك رفيع ملفوف بإحكام. في هذه الحالات، يشير N في هذه المعادلة إلى عدد اللفات المكونة من السلك، وليس عدد اللفات المنفردة.

يمكن حل هذه المسألة باستخدام المعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r}.$$

قبل أن نفعل ذلك، لنحول 4.2 سنتيمترات إلى متر لتطابق وحدات μ_0. يوجد $100\ \mathrm{cm}$ في $1\ \mathrm{m}$:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}}.$$

بضرب هذا في 4.2 سنتيمترات، نحصل على:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{100\ \mathrm{cm}} \times 4.2\ \mathrm{cm} = 0.042\ \mathrm{m}.$$

إذن، $4.2\ \mathrm{cm}$ يساوي $0.042\ \mathrm{m}$.

يمكننا الآن التعويض بكل القيم في المعادلة. شدة التيار تساوي 3.9 A، ونصف القطر يساوي 0.042 m، وعدد اللفات يساوي 35:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r}$$
$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}\right)(35)(3.9\ \mathrm{A})}{2\,(0.042\ \mathrm{m})}.$$

تُلغى وحدتا الأمبير في البسط نتيجة ضرب الحدود معًا:

$$B = \frac{1.715 \times 10^{-4}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{2\,(0.042\ \mathrm{m})}.$$

وبضرب القيمتين في المقام، نحصل على:

$$B = \frac{1.715 \times 10^{-4}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.084\ \mathrm{m}}.$$

عند القسمة، تُلغى وحدة المتر، وتتبقى فقط تسلا:

$$\frac{1.715 \times 10^{-4}\ \mathrm{T{\cdot}m}}{0.084\ \mathrm{m}} = 2.04 \times 10^{-3}\ \mathrm{T}.$$

إذن، بالتقريب لأقرب منزلة عشرية، تكون شدة المجال المغناطيسي عند مركز هذه المجموعة من اللفات من السلك الذي يحمل التيار هي 2.0×10^{-3} T، أو الخيار (هـ).

لنفترض الآن أن لدينا ملف نعرف فيه شدة المجال المغناطيسي، ولكن عدد اللفات غير معروف.

لإيجاد عدد اللفات، علينا إيجاد قيمة N. بالنظر إلى المعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r},$$

نلاحظ أنه علينا عزل N في طرف بمفرده. يمكننا البدء في ذلك بضرب الطرفين في $2r$:

$$B \times 2r = \frac{\mu_0 NI}{2r} \times 2r.$$

وهذا يلغي $2r$ في الطرف الأيمن:

$$2rB = \mu_0 NI.$$

والآن يمكننا قسمة الطرفين على $\mu_0 I$:

$$\frac{2rB}{\mu_0 I} = \frac{\mu_0 NI}{\mu_0 I}.$$

وهذا يلغي الحد $\mu_0 I$ في الطرف الأيمن، ويتبقى N:

$$\frac{2rB}{\mu_0 I} = N.$$

لنُلقِ نظرة على مثال.

مثال ٥: تحديد عدد اللفات بمعرفة شدة المجال المغناطيسي

ملف دائري رفيع نصف قطره 22 mm وعدد لفاته N يمر به تيار ثابت شدته 0.45 A. شدة المجال المغناطيسي الناتج عن التيار عند مركز الملف 2.3×10^{-4} T. احسب N لأقرب عدد صحيح من اللفات. استخدم القيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$ للتعويض عن μ_0.

الحل

الصورة المعدلة من المعادلة التي يمكن استخدامها لإيجاد N هي:

$$N = \frac{2rB}{\mu_0 I}.$$

قبل أن نتمكن من استخدام هذه المعادلة، علينا التأكُّد من تطابق وحدات جميع المتغيرات. هذا يعني أن نصف القطر 22 mm يجب تحويله ليكون بالمتر.

يوجد 1 000 ملليمتر في المتر

واحد:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{1\,000\ \mathrm{mm}}.$$

نضرب هذا في 22 mm، فنحصل على:

$$\frac{1\ \mathrm{m}}{1\,000\ \mathrm{mm}} \times 22\ \mathrm{mm} = 0.022\ \mathrm{m}.$$

إذن 22 mm تساوي 0.022 متر.

والآن نعوض بهذه القيم في المعادلة لإيجاد قيمة N. شدة التيار تساوي 0.45 A، ونصف القطر يساوي 0.022 m وشدة المجال المغناطيسي تساوي 2.3×10^{-4} T، μ_0 تساوي $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$. هذا يعطينا:

$$N = \frac{2rB}{\mu_0 I}$$

$$N = \frac{2\,(0.022\ \mathrm{m})\,(2.3 \times 10^{-4}\ \mathrm{T})}{(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A})\,(0.45\ \mathrm{A})}.$$

ضرب قيم البسط يعطينا وحدة التسلا متر على النحو التالي:

$$N = \frac{1.012 \times 10^{-5}\ \mathrm{T \cdot m}}{(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A})\,(0.45\ \mathrm{A})}.$$

وضرب قيم المقام يلغي وحدتي الأمبير، وتتبقى وحدة التسلا متر:

$$N = \frac{1.012 \times 10^{-5}\ \mathrm{T \cdot m}}{5.65 \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m}}.$$

عند قسمة هذين العددين، تُلغى الوحدتان تمامًا. وهذا مثالي؛ نظرًا لأن عدد اللفات ليس له أبعاد:

$$\frac{1.012 \times 10^{-5}\ \mathrm{T \cdot m}}{5.65 \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m}} = 17.89.$$

إذن عند التقريب لأقرب عدد صحيح، نجد أن هذا الملف يتكون من 18 لفة.

لنلخص ما تعلمناه في هذا الشارح.

النقاط الرئيسية

- يمكن إيجاد اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز ملف باستخدام قاعدة البريمة لليد اليمنى.
- يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي B عند مركز ملف يمر به تيار، من خلال المعادلة:

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

حيث I هي شدة التيار في الملف، r هو نصف قطر الملف، μ_0 هي النفاذية المغناطيسية للفراغ، التي يُعوض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$.

- عند مرور
تيار في ملف يتكون من لفات متعددة لها نصف القطر نفسه، يمكننا إيجاد شدة المجال المغناطيسي B من المعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r},$$

حيث I هو شدة التيار في الملف، r هو نصف قطر الملف، N هو عدد اللفات في السلك، μ_0 هي النفاذية المغناطيسية للفراغ، التي يُعوض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$.