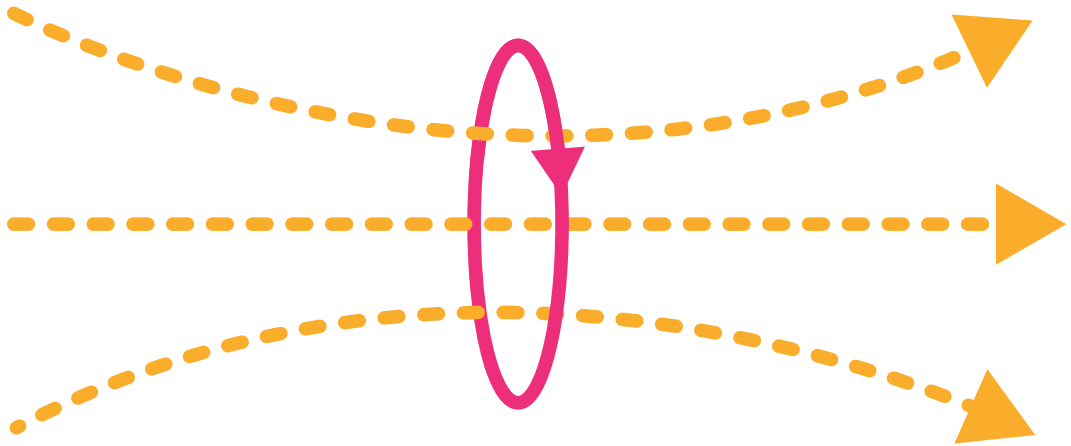
المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمرُّ في ملف دائري



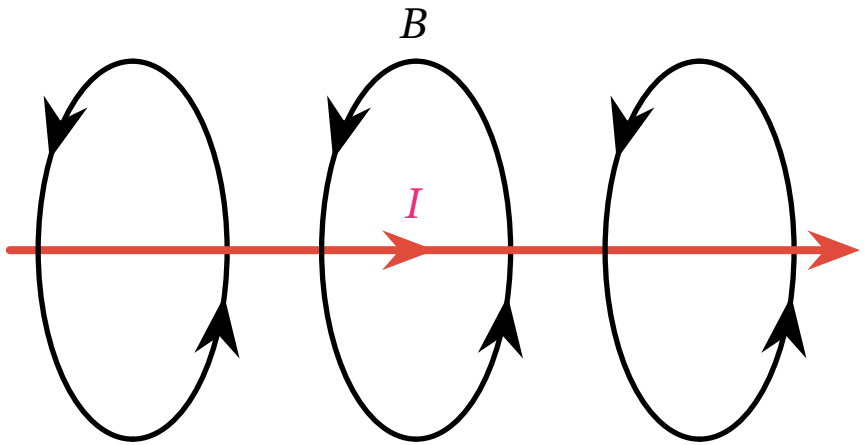
أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- استخدام الصيغة $B = \frac{\mu I}{2r}$ لإيجاد مقدار شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري نصف قطره r يمر به تيار
- استخدام $B = \frac{\mu N I}{2r}$ للعديد من اللَّفَّات
- إدراك أنه كلما زاد نصف قطر الملف، تقل شدة المجال المغناطيسي عند مركزه
- استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي في الملف

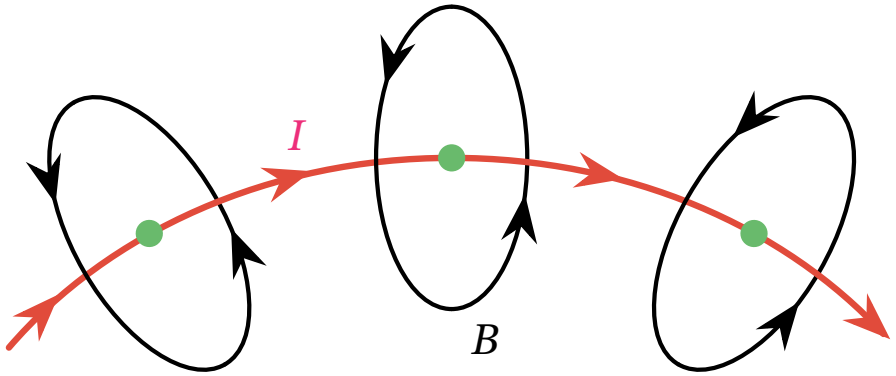
تذكير: المجال المغناطيسي لسلك مستقيم

عند مرور تيار في سلك موصِّل، ينشأ مجال مغناطيسي كما في الشكل الآتي. يعتمد هذا المجال المغناطيسي على اتجاه التيار وشكل السلك.



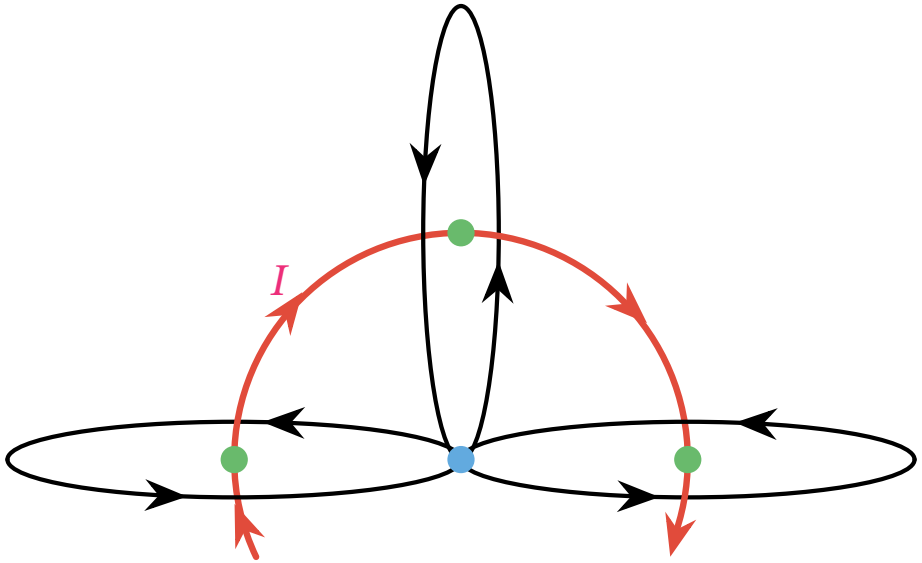
المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري

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



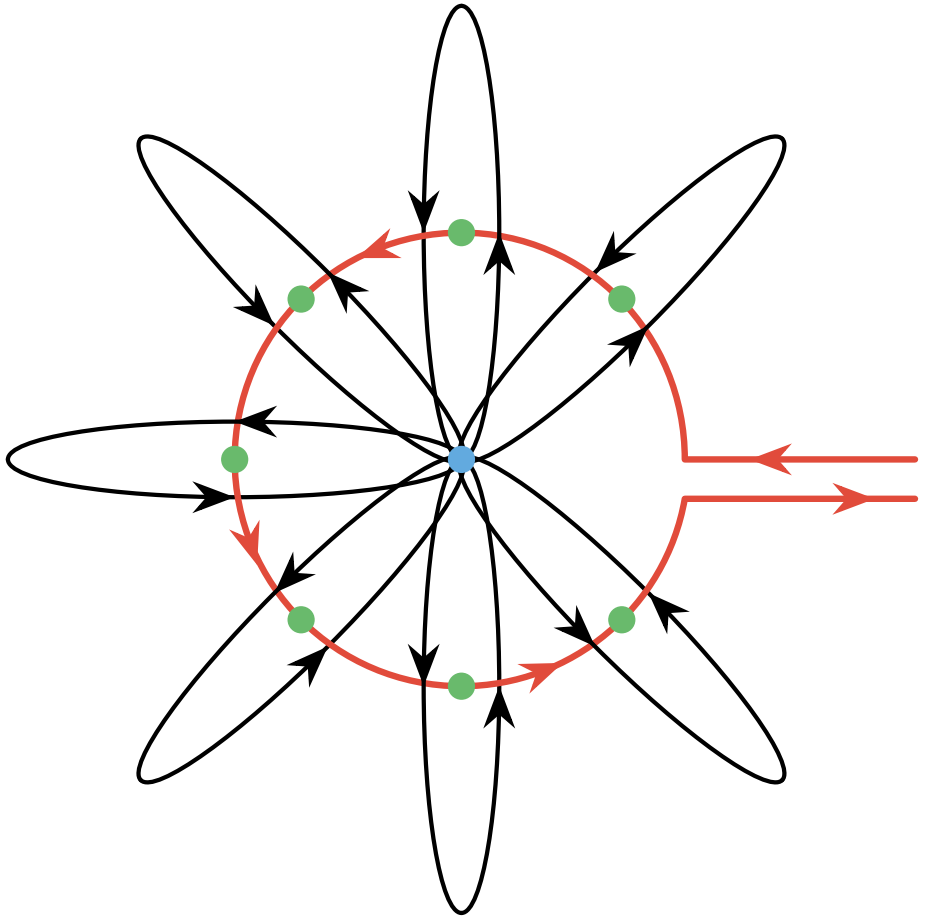
المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري (متابعة)

يمكننا الاستمرار في ثني هذا السلك لنجعله نصف دائرة. ومن ثَمَّ، تتداخل اتجاهات المجال المغناطيسي حول النقاط المختارة عند المركز لينتُج عن ذلك مجال أقوى عند هذه النقطة في المركز.

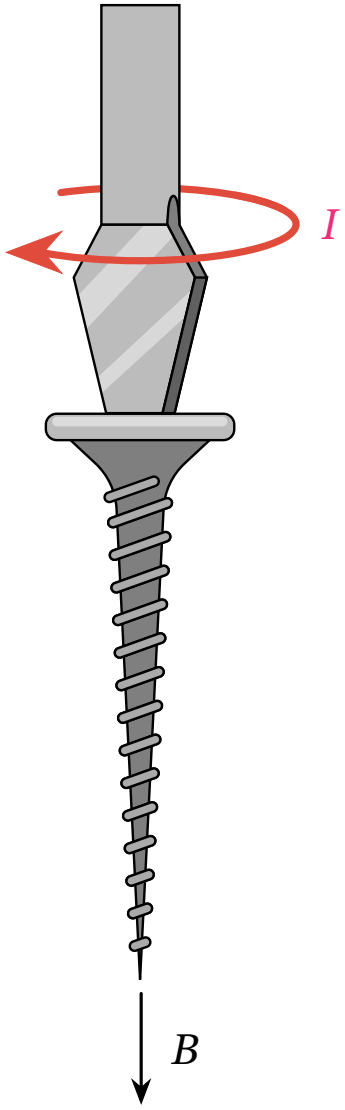


المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري (متابعة)

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



اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري

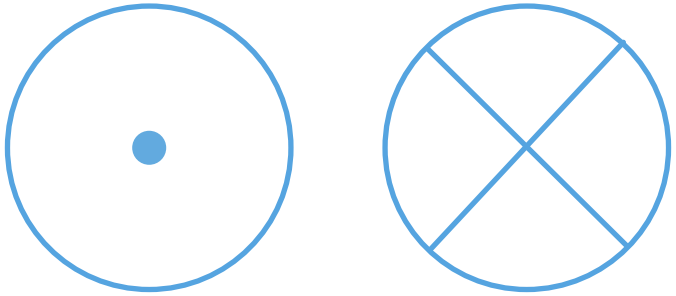


يمكن تحديد اتجاه هذا المجال المغناطيسي الناتج باستخدام قاعدة البريمة لليد اليمنى. لا يمكن تدوير البريمة إلا في اتجاه واحد فقط لإدخالها في سطح ما.

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

اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمُر في ملف دائري (متابعة)

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



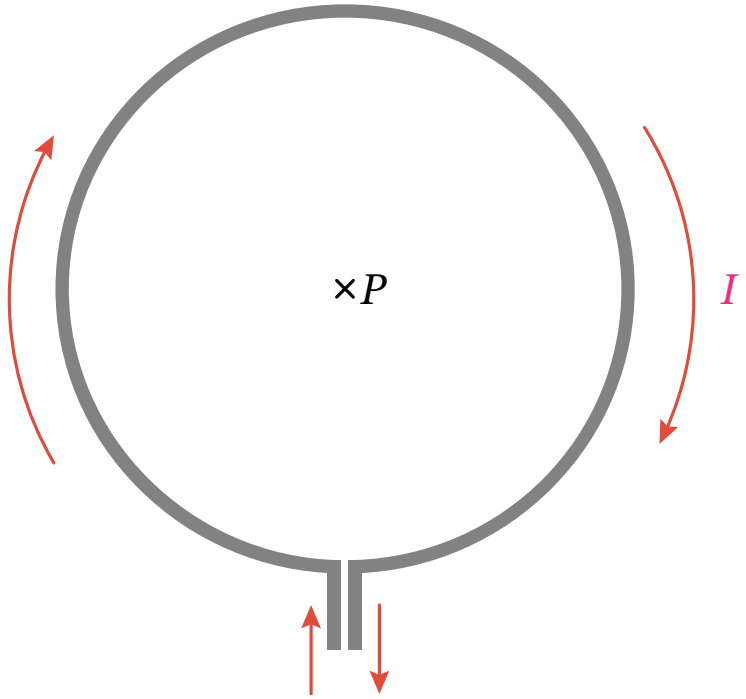
داخل إلي الشاشة

خارج من الشاشة

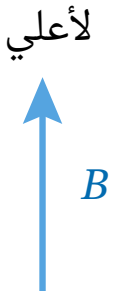
يشبه هذان الرمزان ما نراه إذا نظرنا إلى بريمة تشير باتجاهنا أو بعيدًا عنا.

مثال ١: اتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملف

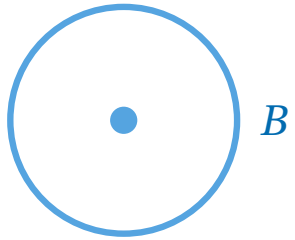
يمر تيار ثابت I في ملف دائري في اتجاه عقارب الساعة عند النظر إليه من أعلى. يَنتُج عن التيار مجال مغناطيسي. بِناءً على الشكل، حدِّد اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف.



أ



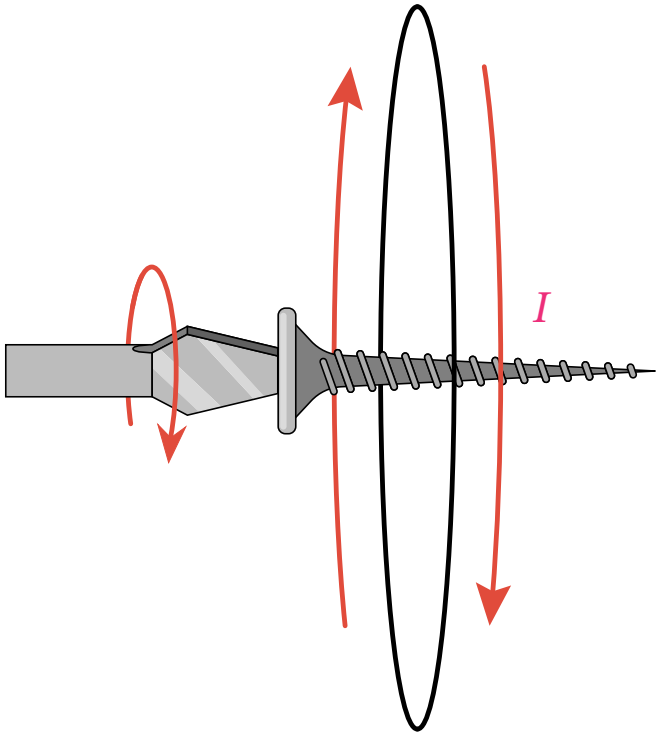
ب



ج

د

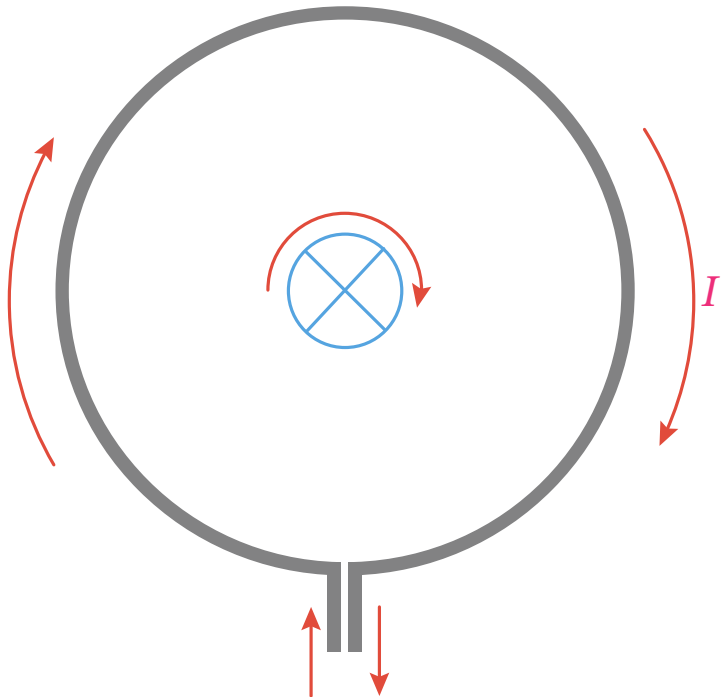
مثال ١ (متابعة)



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.

مثال ١ (متابعة)



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

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

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 يُعوَّض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T \cdot m/A}$.

مثال ٢: شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف

ملف دائري نصف قطره $13\ \text{mm}$ يمر به تيار ثابت شدته $0.9\ \text{A}$. احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف. أوجد إجابتك بوحدة التسلا، بالصيغة العلمية لأقرب منزلة عشرية. استخدم القيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$ للتعويض عن μ_0.

أ. $3.3 \times 10^{-3}\ \text{T}$

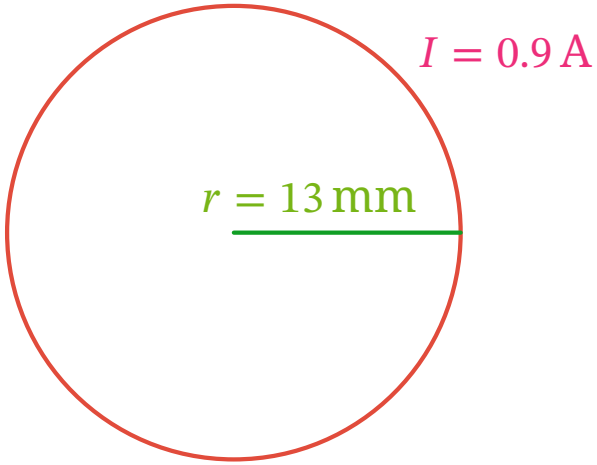
ب. $1.4 \times 10^{-5}\ \text{T}$

ج. $8.7 \times 10^{-5}\ \text{T}$

د. $3.5 \times 10\ \text{T}$

هـ. $4.3 \times 10^{-5}\ \text{T}$

مثال ٢ (متابعة)



الحل

سنستخدم المعادلة: $B = \dfrac{\mu_0 I}{2r}$.

لدينا قيمة شدة التيار، $0.9\,\text{A}$.

نصف القطر هو $13\,\text{mm} = \dfrac{1\,\text{m}}{1\,000\,\text{mm}} \times 13\,\text{mm} = 0.013\,\text{m}$.

وعليه فإن:

$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A}\right)\left(0.9\,\text{A}\right)}{2\left(0.013\,\text{m}\right)} = 4.3 \times 10^{-5}\,\text{T}.$$

إذن الإجابة الصحيحة هي الخيار هـ.

مثال ٣: تحديد شدة تيار في ملف

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

الحل

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

وعليه يمكننا الحصول على التيار باستخدام $I = \frac{2rB}{\mu_0}$.

يجب علينا أولًا تحويل نصف القطر من سنتيمتر إلى متر كما يأتي:

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

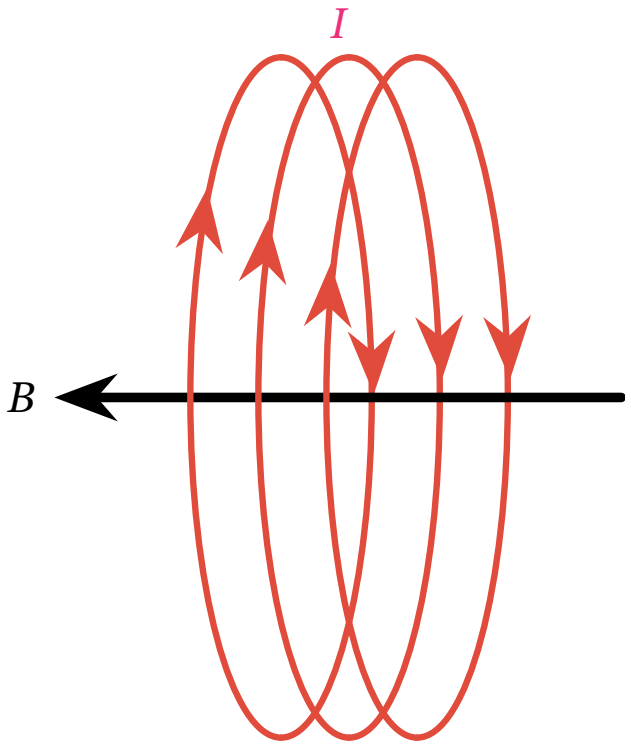
مثال ٣ (متابعة)

إذن يصبح لدينا:

$$I = \frac{2\,(0.095\,\text{m})\,(5.2 \times 10^{-5}\,\text{T})}{4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A}}$$
$$= \frac{9.88 \times 10^{-6}\,\text{T}\cdot\text{m}}{4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A}} = 7.86\,\text{A}.$$

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

زيادة المجال المغناطيسي عند المركز



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 اللَّفَّات.

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 يُعوَّض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T \cdot m/A}$.

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

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

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

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

أ. $1.7 \times 10^{-6}\ \text{T}$

ب. $4.1 \times 10^{-3}\ \text{T}$

ج. $4.9 \times 10^{-2}\ \text{T}$

د. $5.8 \times 10^{-5}\ \text{T}$

هـ. $2.0 \times 10^{-3}\ \text{T}$

مثال ٤ (متابعة)

الحل

يمكن حل هذه المسألة باستخدام المعادلة: $B = \frac{\mu_0 NI}{2r}$.

نصف القطر هو $4.2\,\text{cm} = \frac{1\,\text{m}}{100\,\text{cm}} \times 4.2\,\text{cm} = 0.042\,\text{m}$.

وعليه فإن:

$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A}\right)(35)(3.9\,\text{A})}{2\,(0.042\,\text{m})}$$
$$= \frac{1.715 \times 10^{-4}\,\text{T}\cdot\text{m}}{0.084\,\text{m}} = 2.0 \times 10^{-3}\,\text{T}.$$

إذن الإجابة هي الخيار هـ.

مثال ٥: تحديد عدد اللفات بمعرفة شدة المجال المغناطيسي

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

مثال ٥ (متابعة)

الحل

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

وعليه فإن:

$$N = \frac{2rB}{\mu_0 I} = \frac{2\,(0.022\,\text{m})\,(2.3 \times 10^{-4}\,\text{T})}{(4\pi \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m/A})\,(0.45\,\text{A})}$$
$$= \frac{1.012 \times 10^{-5}\,\text{T}\cdot\text{m}}{5.65 \times 10^{-7}\,\text{T}\cdot\text{m}} = 17.89 \text{ لفة.}$$

بالتقريب لأقرب عدد صحيح، هذا الملف يتكون من 18 لفة.

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 يُعوَّض 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 يُعوَّض عنها عادة بالقيمة $4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T \cdot m/A}$.