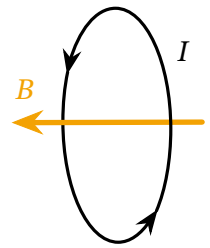
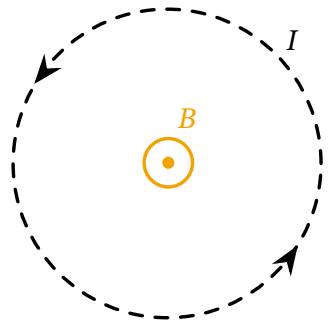
شارح: المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمرُّ في ملف لولبي

في هذا الشارح، سوف نتعلم كيف نحسب شدة المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمر في ملف لولبي.

يمكننا تذكُّر اتِّجاه المجال المغناطيسي لملف يمر به تيار. عند مركز الملف، يكون للمجال المغناطيسي اتجاه واحد، كما هو موضَّح في الشكل الآتي. يمثِّل الخط البرتقالي اتجاه المجال المغناطيسي والخط الأسود يمثِّل الملف.



ويوضح الشكل الآتي الملف نفسه إذا نظرنا إليه من الأمام، حيث يشير اتجاه المجال المغناطيسي إلى خارج الشاشة.

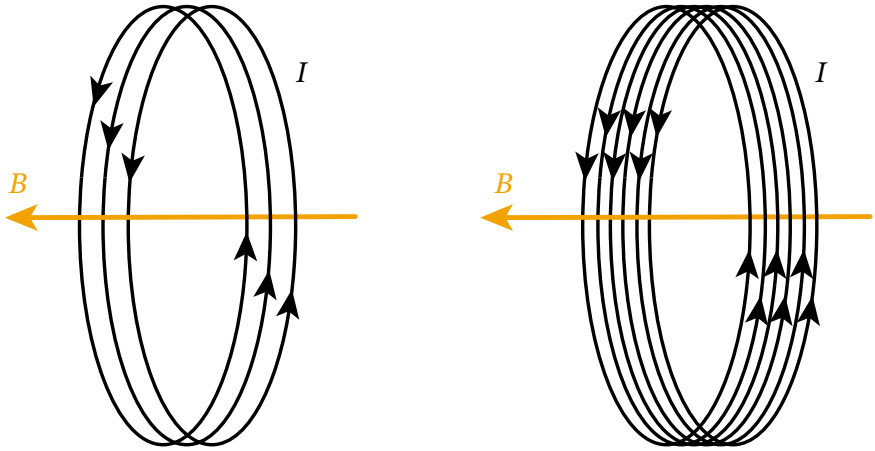


تذكر أننا نستخدم الرمزين الآتيين لتوضيح الاتجاهين إلى داخل الشاشة وإلى خارج الشاشة.

إلى داخل الشاشة

إلى خارج الشاشة

يمكن زيادة شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف بإضافة المزيد من اللفات. يوضح الشكل الآتي مجموعتين من الملفات تحمل تيارًا له الشدة نفسها ولها نصف القطر نفسه.

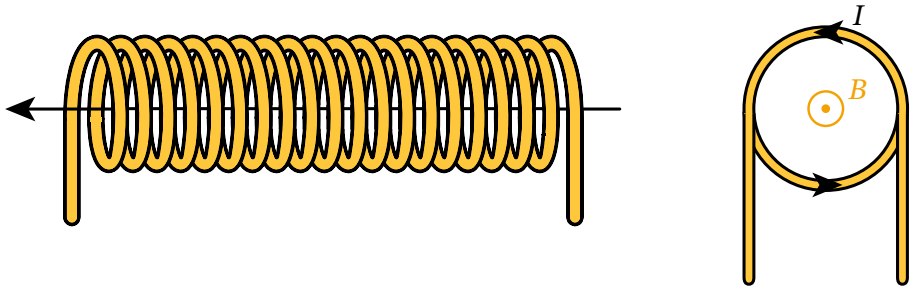


لمجموعة الملفات الموضحة على اليمين مجال مغناطيسي أقوى؛ لأن عدد الملفات بها أكثر.

بدلًا من استخدام مجموعة من الملفات، يمكن تقوية المجال المغناطيسي عند المركز باستخدام سلك واحد متعدد اللفات. بصورتين جانبية وأمامية، يوضح الشكل الآتي ذلك.

صورة أمامية

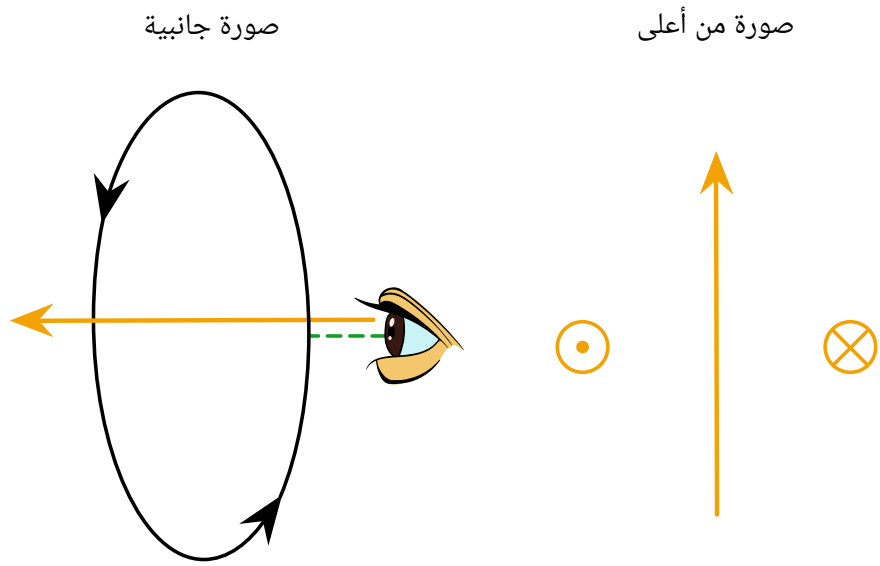
صورة جانبية



يسمى السلك الذي يحتوي على مجموعة من اللفات بهذا الشكل ملفًا لولبيًا. تسهم كل لفة من لفات الملف اللولبي في تقوية شدة المجال المغناطيسي عند المركز كما لو كانت ملفًا إضافيًا.

يكون المجال المغناطيسي منتظمًا في الشدة والاتجاه عند مركز الملف اللولبي. أي له اتجاه ومقدار واحد. وتختلف اتجاهات وشدة المجال المغناطيسي للنقاط الأخرى حول الملف اللولبي.

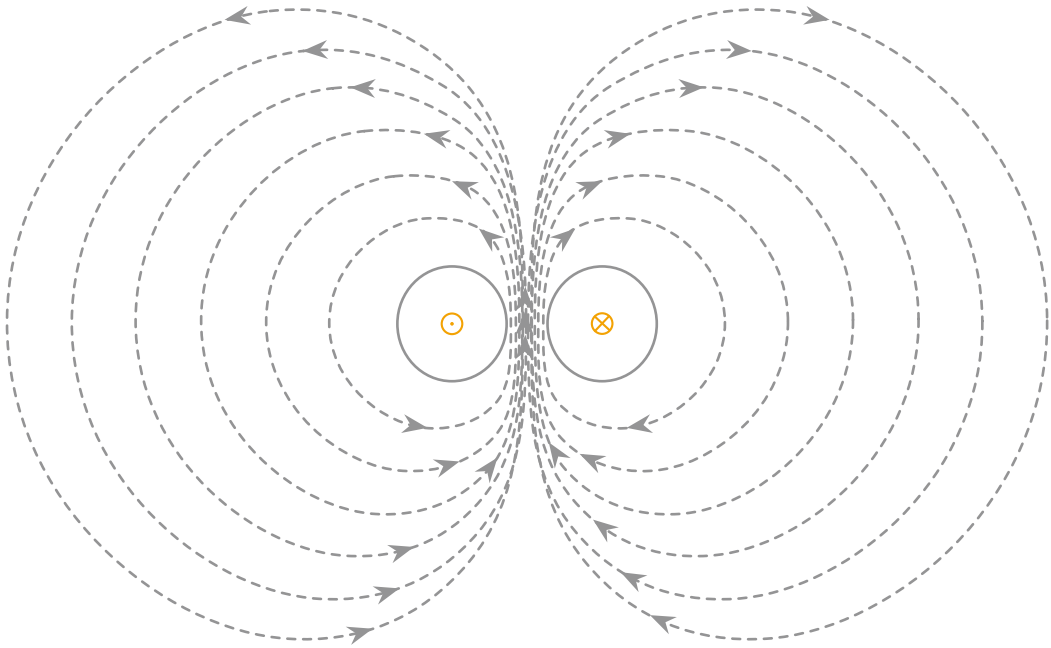
قبل دراسة خطوط المجال المغناطيسي لملف لولبي، دعونا نتناول الزاوية التي سنعرض منها الملف. من زاويتين مختلفتين، يوضح الشكل الآتي ملفًا يمر به تيار والمجال المغناطيسي الناتج عنه.



توضح الصورة الجانبية لهذا الملف الاتجاه الذي ينظر فيه الراصد، والذي تشير إليه العين، للحصول على صورة من أعلى. وتوضح الصورة من أعلى اتجاه التيار، إلى داخل الشاشة وخارجها، لكنها لا توضح الجزء السفلي من الملف.

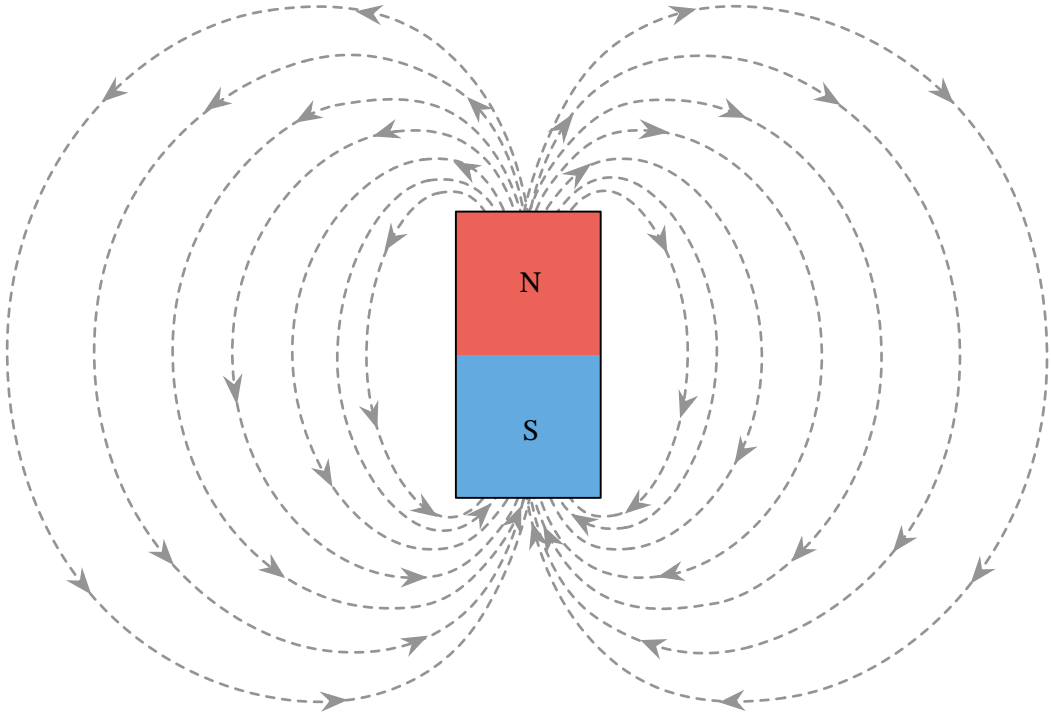
والآن، لنُلقِ نظرة على الصورة من أعلى لملف مع توضيح خطوط المجال المغناطيسي باللون الرمادي في الشكل الآتي.

صورة من أعلى

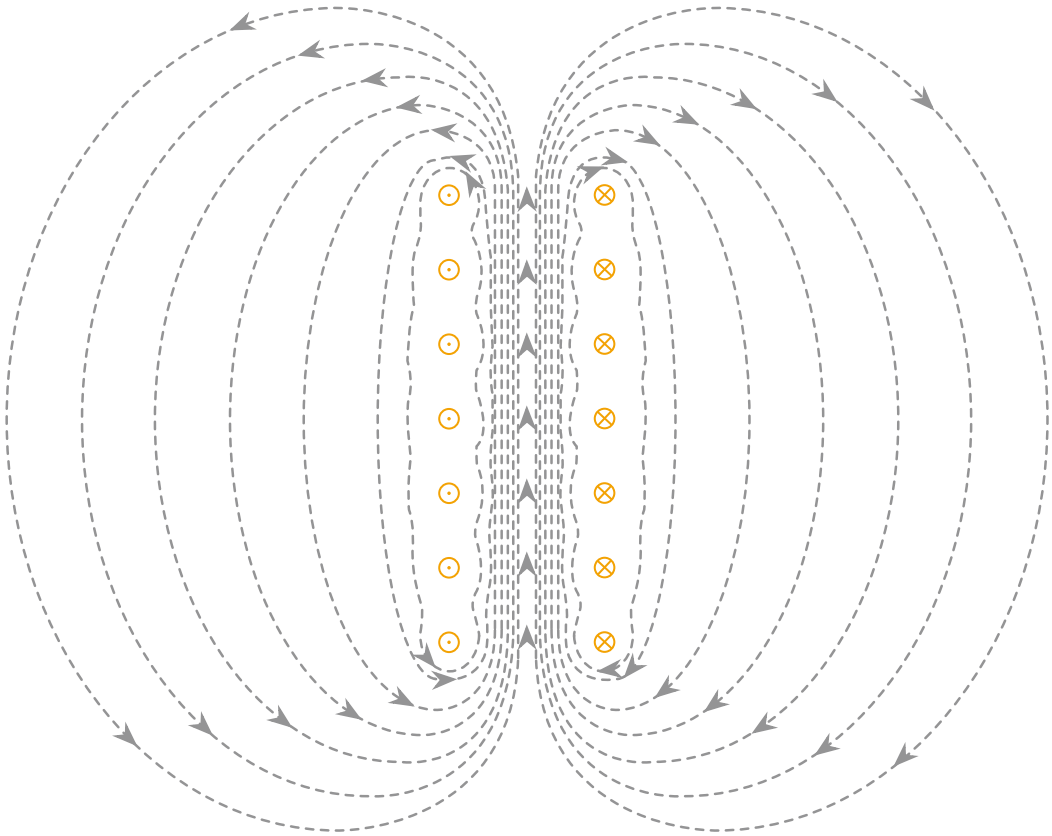


وجود الكثير من خطوط المجال المغناطيسي القريبة بعضها من بعض يعني أن شدة المجال المغناطيسي أكبر. نلاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي قريبة جدًا بعضها من بعض عند مركز الملف، ولها الاتجاه نفسه؛ وهو ما يعني أن المجال المغناطيسي قوي عند تلك النقطة.

وخارج الملف، تشبه خطوط المجال المغناطيسي خطوط مجال القضيب المغناطيسي، كما هو موضح أدناه.



لنُلقِ نظرة الآن على ملف لولبي يتكون سبع لفات. يوضح الشكل الآتي الملف والمجال المغناطيسي الناتج عنه.



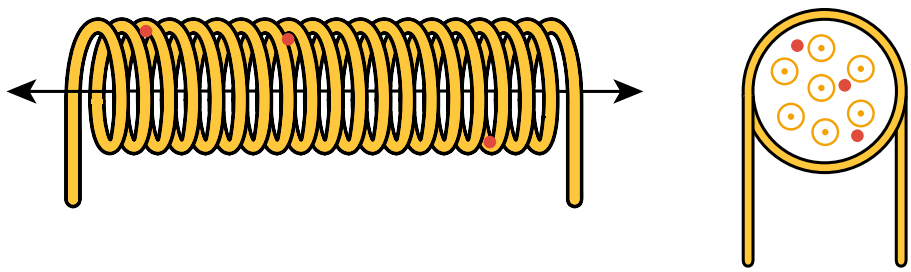
لاحظ كيف أن خطوط المجال المغناطيسي متوازية ومستقيمة عند مركز اللفات، لكنها تصبح أقل توازيًا باتجاه طرفي الملف اللولبي. بالاقتراب أكثر من هذين الطرفين، تصبح خطوط المجال أقل انتظامًا.

والآن، لنتناول ملفًا لولبيًا نظريًا طويلًا جدًا. هذا الملف طويل جدًا بحيث يمكننا اعتباره كما لو أن ليس له أي أطراف. هذا يعني أن المجال المغناطيسي منتظم تمامًا داخل اللفات عند جميع النقاط.

إذا قِسنا شدة المجال المغناطيسي عند نقاط مختلفة داخل هذا الملف اللولبي، نجد أنه عند كل النقاط تكون شدة المجال المغناطيسي لها نفس المقدار والاتجاه. يوضح الشكل الآتي ملفا لولبيًا نظريًا موضح عليه ثلاث نقاط، تشير إليها النقاط الحمراء، حيث قيم واتجاهات شدة المجال المغناطيسي عند كل منها متساوية.

صورة جانبية

صورة أمامية



يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي داخل لفات هذا الملف اللولبي النظري باستخدام معادلة.

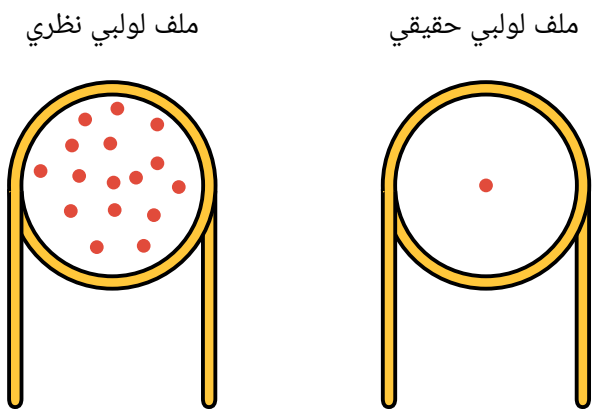
معادلة: شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف لولبي

يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي، B، داخل مركز ملف لولبي باستخدام المعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L},$$

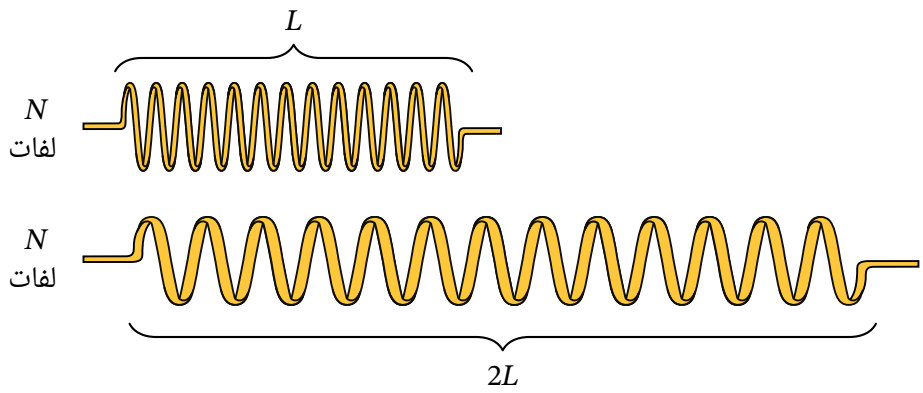
حيث I شدة التيار في الملف اللولبي، N عدد لفات الملف اللولبي، L طول الملف اللولبي، μ_0 النفاذية المغناطيسية للفراغ، $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$.

بالنسبة لملفٍّ لولبي حقيقي ذي طول محدود، تظل هذه المعادلة مفيدة لوصف شدة المجال المغناطيسي عند مركز اللفات؛ حيث يكون المجال منتظمًا. يوضح الشكل الآتي نقاطًا لها نفس شدة المجال المغناطيسي واتجاهه، في ملف لولبي نظري وآخر حقيقي.



اتجاه المجال المغناطيس في الملف اللولبي الحقيقي يكون ثابتًا إلى حد ما داخل الملف، وهذا لا ينطبق على شدة المجال المغناطيسي. فالمركز فقط هو الذي تكون فيه شدة المجال المغناطيسي ثابتة.

بالنظر إلى المعادلة، نلاحظ أن طول الملف اللولبي أمر مهم عند إيجاد شدة المجال المغناطيسي عند المركز. على وجه التحديد، تتناسب شدة المجال المغناطيسي عكسيًا مع الطول. يوضح الشكل الآتي ملفين لولبيين لهما نفس شدة التيار وعدد اللفات، لكن طوليهما مختلفان.



بما أن طول الملف اللولبي في الأسفل ضعف طول الآخر، فإن شدة المجال المغناطيسي عند مركزه تساوي النصف.

لنُلقِ نظرة على مثال نستخدم فيه هذه المعادلة.

مثال ١: إيجاد شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف لولبي بمعلومية عدد لفاته وطوله

يتكون ملف لولبي طوله 3.2 cm من 90 لفة. يمر في السلك تيار ثابت شدته 1.2 A. احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي. اكتب إجابتك بالتسلا بالصيغة العلمية لأقرب منزلة عشرية. استخدم القيمة $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T·m/A}$ لـμ_0.

الحل

سنستخدم المعادلة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

لإيجاد شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي.

قبل التعويض بالقيم المعطاة، علينا التأكد من أن الوحدات متطابقة. تستخدم وحدة النفاذية المغناطيسية للفراغ وحدة المتر؛ لذلك نحتاج أن نحول الطول البالغ $3.2\ \text{cm}$ إلى المتر.

يوجد 100 سنتيمتر في المتر الواحد:

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

إذن، لتحويل $3.2\ \text{cm}$ إلى متر، نضرب في القيمة:

$$\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}} \times 3.2\ \text{cm} = 0.032\ \text{m}.$$

ومن ثَمَّ، فإنَّ $3.2\ \text{cm}$ يساوي: $0.032\ \text{m}$.

يمكننا الآن التعويض بالقيم في المعادلة. الطول $0.032\ \text{m}$، وشدة التيار $1.2\ \text{A}$، ونعلم أن الملف يتكون من 90 لفة، والنفاذية المغناطيسية للفراغ $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$. هذا يعطينا:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$
$$B = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}\right)(90)(1.2\ \text{A})}{0.032\ \text{m}}.$$

بضرب قيم البسط جميعًا. هذا يُلغي وحدة الأمبير، لنحصل على:

$$B = \frac{1.36 \times 10^{-4}\ \text{T}\cdot\text{m}}{0.032\ \text{m}}.$$

والآن، عندما نقسم هاتين القيمتين، تُحذف وحدة المتر، وتتبقى فقط وحدة التسلا:

$$\frac{1.36 \times 10^{-4}\ \text{T}\cdot\text{m}}{0.032\ \text{m}} = 4.24 \times 10^{-3}\ \text{T}.$$

بالتقريب إلى أقرب منزلة عشرية، نجد أن شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي تساوي $4.2 \times 10^{-3}\ \text{T}$.

يمكن استخدام معادلة شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي لإيجاد متغيرات أخرى في المعادلة إذا علمنا قيمة شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي. لتوضيح ذلك، دعونا نلقِ نظرة على المعادلة الأساسية ونكتب جميع القيم بدلالة I. بالبدء بالمعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L},$$

يمكننا ضرب الطرفين في L:

$$B \times L = \frac{\mu_0 NI}{L} \times L.$$

وهذا يُلغي L في الطرف الأيمن، ويتبقى لدينا:

$$BL = \mu_0 NI.$$

حسب هذه الصيغة، يمكننا قسمة الطرفين على: μ_0، N:

$$\frac{BL}{\mu_0 N} = \frac{\mu_0 NI}{\mu_0 N}.$$

وهذا يُلغي μ_0، N في الطرف الأيمن، ويتبقى فقط I:

$$\frac{BL}{\mu_0 N} = I.$$

لنُلقِ نظرة على مثال يستخدم هذه الصورة من المعادلة.

مثال ٢: إيجاد شدة التيار المار في ملف لولبي بمعلومية عدد لفاته وطوله

يتكون ملف لولبي من 35 لفة وطوله: 42 mm. قيست شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف فكانت 4.9×10^{-4} T. احسب شدة التيار المار في السلك. اكتب إجابتك بالأمبير لأقرب منزلتين عشريتين. استخدم القيمة $4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A لـ μ_0.

الحل

تذكر أن المعادلة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

يمكن كتابتها على صورة تربط المتغيرات بشدة التيار:

$$I = \frac{BL}{\mu_0 N}.$$

قبل التعويض مباشرة بالقيم المعطاة في هذه الصورة من المعادلة، علينا التأكد من أن الوحدات متطابقة. تستخدم النفاذية المغناطيسية للفراغ وحدة المتر، نحتاج إذن إلى أن يصبح طول الملف اللولبي، الذي يساوي: 42 mm، أيضًا بوحدة المتر.

يوجد 1 000 ملليمتر في المتر الواحد:

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

ومن ثم، بضرب هذه العلاقة في 42 mm نحصل على القيمة بوحدة المتر:

$$\frac{1\text{ m}}{1\,000\text{ mm}} \times 42\text{ mm} = 0.042\text{ m}.$$

طول الملف اللولبي بالمتر يساوي 0.042 m.

والآن، يمكننا التعويض بالقيم في المعادلة. الطول يساوي 0.042 m، وشدة المجال المغناطيسي تساوي $4.9 \times 10^{-4}\text{ T}$، ولدينا 35 لفة، والنفاذية المغناطيسية للفراغ تساوي $4\pi \times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A}$. هذا يعطينا:

$$I = \frac{BL}{\mu_0 N}$$
$$I = \frac{(4.9 \times 10^{-4}\text{ T})(0.042\text{ m})}{(4\pi \times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A})(35)}.$$

وبضرب قيم البسط جميعًا، نحصل على وحدة T·m:

$$I = \frac{2.06 \times 10^{-5}\text{ T}\cdot\text{m}}{(4\pi \times 10^{-7}\text{ T}\cdot\text{m/A})(35)}.$$

عدد لفات الملف اللولبي ليس له وحدة؛ لذا فإن ضرب قيم المقام جميعًا لا يغير من الوحدات:

$$I = \frac{2.06 \times 10^{-5}\text{ T}\cdot\text{m}}{4.39 \times 10^{-5}\text{ T}\cdot\text{m/A}}.$$

بقسمة قيم البسط على المقام، يلغى تمامًا وحدتي: T·m ويتبقى لدينا وحدة الأمبير في البسط. بالنظر إلى الوحدات فقط، فإن القسمة على كسر تساوي الضرب في مقلوبه:

$$\frac{(\text{T}\cdot\text{m})}{(\text{T}\cdot\text{m/A})} = (\text{T}\cdot\text{m}) \times \frac{\text{A}}{(\text{T}\cdot\text{m})}$$
$$= \text{A}.$$

إذن، بقسمة هذه القيم، نحصل على:

$$\frac{2.06 \times 10^{-5}\text{ T}\cdot\text{m}}{4.39 \times 10^{-5}\text{ T}\cdot\text{m/A}} = 0.468\text{ A}.$$

وبالتقريب لأقرب منزلتين عشريتين، فالإجابة هي 0.47 A.

يمكننا أيضًا كتابة المعادلة بدلالة متغيرات أخرى. لنفترض أن لدينا ملفًّا لولبيًّا طوله مجهول، لكن معلوم لدينا عنه متغيرات أخرى. بالبدء بالمعادلة الأساسية:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L},$$

يمكننا الحصول على الطول في أحد طرفي المعادلة بضرب الطرفين في L:

$$B \times L = \frac{\mu_0 NI}{L} \times L.$$

وهذا يُلغي L في الطرف الأيمن، لنحصل على:

$$BL = \mu_0 NI.$$

ثم نقسم الطرفين على B لنحصل على:

$$\frac{BL}{B} = \frac{\mu_0 NI}{B},$$

وهو ما يلغي B في الطرف الأيسر، ويتبقى لدينا فقط L:

$$L = \frac{\mu_0 NI}{B}.$$

لنُلقِ نظرة على مثال تستخدم فيه هذه الصورة من المعادلة.

مثال ٣: إيجاد طول ملف لولبي

يتكون ملف لولبي من 80 لفة. يمر بالملف اللولبي تيار شدته 13 A، قيست شدة المجال المغناطيسي الناتج عند مركزه فكانت 7.3×10^{-3} T. احسب طول الملف اللولبي، لأقرب سنتيمتر. استخدم $4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A قيمة لـ μ_0.

الحل

تذكر أن المعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

يمكن كتابتها على صورة تربط المتغيرات بطول الملف اللولبي:

$$L = \frac{\mu_0 NI}{B}.$$

لنعوض بالقيم المعطاة في هذه الصورة للمعادلة. شدة التيار 13 A، وعدد اللفات 80 لفة، وشدة المجال المغناطيسي عند المركز 7.3×10^{-3} T، والنفاذية المغناطيسية للفراغ $4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A. هذا يعطينا:

$$L = \frac{\mu_0 NI}{B}$$
$$L = \frac{\left(4\pi \times 10^{-7}\ \text{T·m/A}\right)(80)(13\ \text{A})}{7.3 \times 10^{-3}\ \text{T}}.$$

بضرب قيم البسط جميعًا، تُلغى وحدة الأمبير، وتبقى فقط T·m:

$$L = \frac{1.306 \times 10^{-3}\ \text{T·m}}{7.3 \times 10^{-3}\ \text{T}}.$$

بقسمة هاتين القيمتين تُلغى وحدة التسلا، وتبقى فقط وحدة المتر:

$$\frac{1.306 \times 10^{-3}\ \text{T·m}}{7.3 \times 10^{-3}\ \text{T}} = 0.179\ \text{m}.$$

إذن، طول هذا الملف اللولبي يساوي: 0.179 متر. لكننا لم ننتهِ بعدُ، لأننا نريد الناتج النهائي للمسألة بوحدة السنتيمتر.

لتحويل هذا الناتج إلى السنتيمتر، تذكر أنه يوجد 100 سنتيمتر في المتر الواحد:

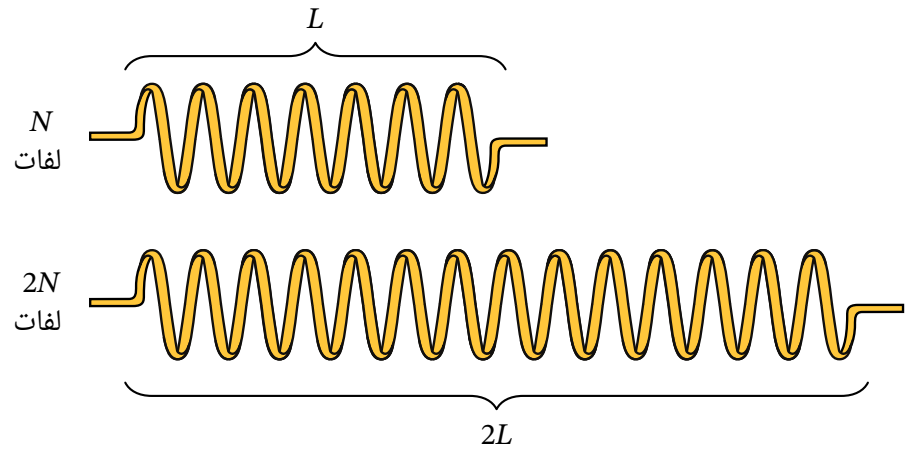
$$\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}}.$$

بضرب ذلك في الناتج الذي حصلنا عليه بوحدة المتر سنحصل على الناتج بالسنتيمتر:

$$\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}} \times 0.179\ \text{m} = 17.9\ \text{cm}.$$

إذن، بالتقريب لأقرب سنتيمتر، طول هذا الملف اللولبي يساوي 18 سنتيمترًا. الإجابة هي 18 cm.

تذكر أن طول الملف اللولبي يتناسب عكسيًّا مع شدة المجال المغناطيسي عند مركزه. يمكن التغلب على زيادة الطول بإضافة المزيد من اللفات، كما هو موضح في الشكل الآتي.



كلا الملفان اللولبيان لهما نفس شدة المجال المغناطيسي؛ لأن الملف اللولبي الأطول يحتوي على عدد أكبر نسبيًّا من اللفات. نلاحظ أيضًا أن الملف اللولبي الأطول هو في الأساس مماثل للملف الأول، لكنه يتكون من عدد أكبر من اللفات.

هذا يعني أن إضافة المزيد من اللفات، أي تكوين ملف لولبي أطول، لا تزيد شدة المجال المغناطيسي عند المركز. ما يزيد شدة المجال المغناطيسي هو زيادة عدد اللفات لنفس الطول. ويمكن إثبات ذلك بالنظر إلى المعادلة الآتية:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L}.$$

إذا افترضنا أن قيمة شدة التيار ثابتة في ملفين لولبيين، عندئذٍ يكون المتغيران غير الثابتين الوحيدان المؤثران على شدة المجال المغناطيسي هما عدد اللفات N والطول L:

$$\frac{N}{L}.$$

يمكننا ملاحظة أن زيادة عدد اللفات إلى $2N$ والطول إلى $2L$ لا يغير هذا النسبة على الإطلاق. حيث تلغي القيمتان بعضهما بعضًا:

$$\frac{2N}{2L} = \frac{N}{L}.$$

لتبسيط المعادلة، تختصر هذه النسبة عادة ويرمز إليها بحرف n صغير:

$$\frac{N}{L} = n,$$

ووحدات قياسها هي عدد اللفات لكل وحدة طول. وتكون المعادلة الكاملة على النحو الآتي.

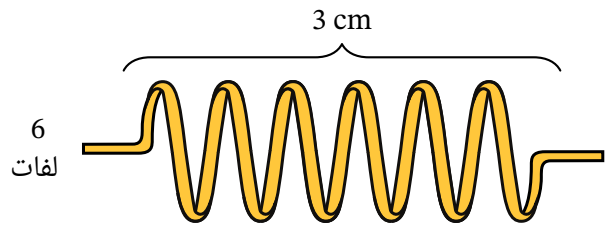
معادلة: المجال المغناطيسي عند مركز ملف لولبي يحتوي على عدد من اللفات لكل وحدة طول

تُعطى شدة المجال المغناطيسي، B، داخل مركز ملف لولبي باستخدام المعادلة:

$$B = \mu_0 n I,$$

حيث I شدة التيار المار في الملف اللولبي، n عدد اللفات لكل وحدة طول، μ_0 النفاذية المغناطيسية للفراغ، $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$.

تعطى وحدة n باللفات لكل وحدة طول. على سبيل المثال، انظر إلى الملف اللولبي في الشكل الآتي.



قيمة n هي إجمالي عدد اللفات على الطول الكلي:

$$n = \frac{N}{L}.$$

إذن، 6 لفات وطول قدره 3 cm يُعطيان:

$$\frac{6 \text{ لفات}}{3 \text{ cm}} = 2 \text{ سنتيمتر لكل لفة.}$$

إذا أردنا زيادة عدد اللفات ليصبح 12 وزيادة الطول ليصبح 6 cm، نجد أن قيمة n تظل ثابتة كما هي:

$$\frac{12 \text{ لفة}}{6 \text{ cm}} = 2 \text{ سنتيمتر لكل لفة.}$$

إذن، لن تتغير شدة المجال المغناطيسي إلا بتغير نسبة عدد لفات الملف اللولبي إلى طوله.

لنلق نظرة على مثال.

مثال ٤: تغير المجال المغناطيسي في الملف اللولبي

شُكِّل سلك على هيئة ملف لولبي له n من اللفات لكل ملليمتر. يمرُّ بالملف تيار ثابت شدته I. نتيجة ذلك، أمكن قياس قيمة شدة المجال المغناطيسي B عند مركز الملف اللولبي. يُّ التغيُّرات الآتية بالنظام تزيد شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف، بافتراض أن جميع العوامل الأخرى ثابتة؟

أ. انخفاض طول الملف اللولبي بإزالة عدد من اللفات مع إبقاء n ثابتة.

ب. انخفاض قيمة I، أي شدة التيار المار في السلك.

جـ. انخفاض قيمة n، أي عدد اللفات لكل ملليمتر.

د. زيادة قيمة I، أي شدة التيار المار في السلك.

هـ. زيادة طول الملف اللولبي بإضافة عدد من اللفات مع إبقاء n ثابتة.

الحل

لنتذكر صورة المعادلة التي تتضمن n عدد اللفات لكل وحدة طول:

$$B = \mu_0 nI.$$

إذا لم يتغير n في هذه المعادلة، فإن شدة المجال المغناطيسي لا تتغير. إضافة أجزاء إلى الملف اللولبي أو إزالتها منه، لكن مع الحفاظ على قيمة n ثابتة، يعني أن شدة المجال المغناطيسي تظل ثابتة.

لكن انخفاض قيمة n، سيقلل من شدة المجال المغناطيسي. وبالمثل، انخفاض قيمة شدة التيار سيقلل أيضًا من شدة المجال المغناطيسي. هذا لأن شدة المجال المغناطيسي تتناسب طرديًّا مع كل من n، I.

الطريقة الوحيدة لزيادة شدة المجال المغناطيسي هي: زيادة n أو I. الإجابة الوحيدة التي تعبر عن هذه الزيادة هي الخيار (د)، أي زيادة قيمة I.

إذن، الإجابة الصحيحة هي الخيار (د)، زيادة قيمة شدة التيار المار في السلك تزيد شدة المجال المغناطيسي.

عند استخدام n لإجراء العمليات الحسابية، نجد أن عدد اللفات ليس له وحدة؛ ومن ثَمَّ، تكون وحدات n هي لكل وحدة طول فقط. هذا يعني أنه على الرغم من قولنا 5 لفات لكل متر، فإننا في المعادلة سنكتب فقط:

$$5\ \mathrm{m}^{-1}.$$

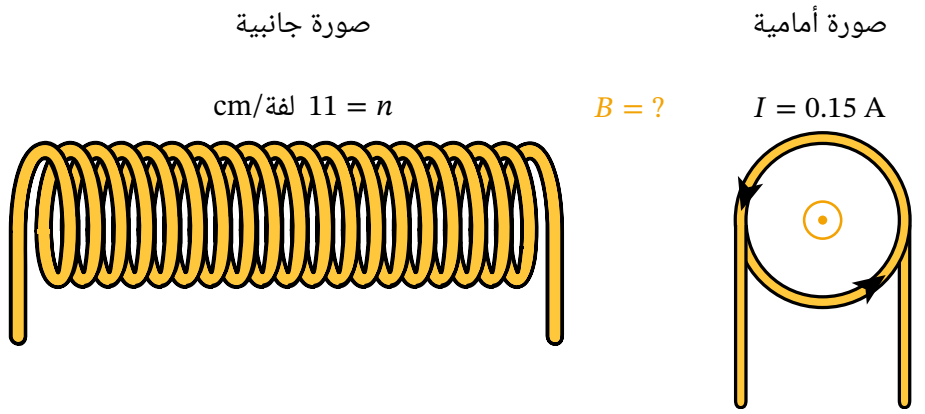
لنُلقِ نظرة على مثال.

مثال ٥: شدة المجال المغناطيسي عند مركز ملف لولبي

سلك يحمل تيارًا ثابتًا شدته 0.15 A تَشكَّل ليصبح ملفًّا لولبيًّا مكوَّنًا من 11 لفة لكل سنتيمتر. احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي. أجب بوحدة التسلا بالصيغة العلمية لأقرب منزلة عشرية. استخدم $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T\cdot m/A}$ قيمة لـ μ_0.

الحل

يوضح الشكل الآتي شكل الملف اللولبي.



تذكر معادلة شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي باستخدام عدد اللفات لكل وحدة طول:

$$B = \mu_0 n I.$$

قبل التعويض بالقيم في هذه المعادلة، علينا التأكد من أن الوحدات متطابقة. تستخدم النفاذية المغناطيسية للفراغ وحدة المتر؛ لذا علينا كتابة n بدلالة وحدة المتر أيضًا.

قيمة n تساوي 11 لفة لكل سنتيمتر، ويوجد 100 سنتيمتر في المتر الواحد:

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

بضرب هذه العلاقة في 11 لفة لكل سنتيمتر تتحول هذه القيمة إلى عدد اللفات لكل متر:

$$\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}} \times \frac{11}{\text{cm}} = \frac{1\,100}{\text{m}}.$$

والآن، يمكننا التعويض بالقيم في المعادلة. قيمة شدة التيار 0.15 A، وقيمة n تساوي 1 100 لفة لكل متر، وقيمة μ_0 تساوي $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$. هذا يعطينا:

$$B = \mu_0 n I$$

$$B = \left(4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}\right)\left(\frac{1\,100}{\text{m}}\right)(0.15\ \text{A}).$$

ضرب النفاذية المغناطيسية للفراغ في عدد اللفات لكل متر يلغي وحدة المتر، ويتبقى:

$$B = \left(1.38 \times 10^{-3}\ \text{T/A}\right)(0.15\ \text{A}).$$

ضرب العددين الأخيرين معًا، يلغى وحدتي الأمبير، ويتبقى وحدة التسلا لنحصل على:

$$\left(1.38 \times 10^{-3}\ \text{T/A}\right)(0.15\ \text{A}) = 2.07 \times 10^{-4}\ \text{T}.$$

إذن، شدة المجال المغناطيسي عند مركز هذا الملف اللولبي مقربة لأقرب منزلة عشرية تساوي: $2.1 \times 10^{-4}\ \text{T}$.

كما هو الحال في الصورة الأخرى من معادلة شدة المجال المغناطيسي، يمكننا عزل متغيرات مجهولة محددة. على سبيل المثال، إذا كان التيار المار في ملف لولبي مجهولًا، فيمكننا إيجاده بكتابة المعادلة:

$$B = \mu_0 n I$$

بدلالة: I.

للقيام بذلك، نقسم الطرفين على $\mu_0 n$:

$$\frac{B}{\mu_0 n} = \frac{\mu_0 n I}{\mu_0 n}.$$

هذا يلغي $\mu_0 n$ في الطرف الأيمن، ويتبقى فقط I:

$$\frac{B}{\mu_0 n} = I.$$

لنلق نظرة على مثال يستخدم هذه الصورة من المعادلة.

مثال ٦: إيجاد شدة التيار في ملف لولبي بدلالة عدد لفاته لكل وحدة طول

يتكون ملف لولبي من سلك يحمل تيار ثابت شدته I. للملف اللولبي 430 لفة في السلك لكل متر. قِيست شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف اللولبي فكانت: $3.2 \times 10^{-3}\ \text{T}$. احسب شدة التيار، I، بوحدة الأمبير. اكتب إجابتك لأقرب منزلة عشرية. استخدم $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$.

الحل

تذكر أن المعادلة:

$$B = \mu_0 n I$$

يمكن كتابتها بدلالة I كالآتي:

$$I = \frac{B}{\mu_0 n}.$$

باستخدام هذه الصورة، دعونا نعوض بالقيم المعلومة. قيمة شدة المجال المغناطيسي $3.2 \times 10^{-3}\ \text{T}$، وقيمة n تساوي 430 لفة لكل متر، وقيمة μ_0 تساوي $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$. هذا يعطينا:

$$I = \frac{B}{\mu_0 n}$$

$$I = \frac{3.2 \times 10^{-3}\ \text{T}}{(4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A})\left(\frac{430}{\text{m}}\right)}.$$

وبضرب قيم المقام جميعًا، تحذف وحدتي المتر، لنحصل على:

$$I = \frac{3.2 \times 10^{-3}\ \text{T}}{5.4 \times 10^{-4}\ \text{T/A}}.$$

القسمة على كسر يساوي الضرب في مقلوبه. هذا يعني أن الوحدة الوحيدة المتبقية بعد القسمة ستكون الأمبير:

$$\frac{\text{T}}{\text{T/A}} = \text{T} \times \frac{\text{A}}{\text{T}}$$

$$= \text{A}.$$

إذن، عند قسمة القيمتين، تصبح الإجابة:

$$\frac{3.2 \times 10^{-3}\ \text{T}}{5.4 \times 10^{-4}\ \text{T/A}} = 5.92\ \text{A}.$$

وبالتقريب لأقرب منزلة عشرية، سيساوي الناتج: 5.9 A.

لنلخص ما تعلمناه في هذا الشارح.

النقاط الرئيسية

- الملف اللولبي هو سلك على صورة مجموعة من اللفات أو الحلقات.
- عندما يمر تيار في الملف اللولبي، فإنه ينتج مجالًا مغناطيسيًا تكون شدته أقوى ما يمكن عند مركز الملف.
- داخل ملفات الملف اللولبي، تُعطى شدة المجال المغناطيسي B بالمعادلة:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L},$$

حيث N عدد اللفات في الملف اللولبي، I شدة التيار المار في الملف اللولبي، L طول الملف اللولبي، μ_0 النفاذية المغناطيسية للفراغ، $4\pi \times 10^{-7}\ \text{T}\cdot\text{m/A}$.

- معادلة شدة المجال المغناطيسي B عند مركز الملف اللولبي باستخدام اللفات لكل وحدة طول هي:

$$B = \mu_0 n I,$$

حيث n عدد اللفات لكل وحدة طول، I شدة تيار الملف اللولبي، μ_0 النفاذية المغناطيسية للفراغ، $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$.