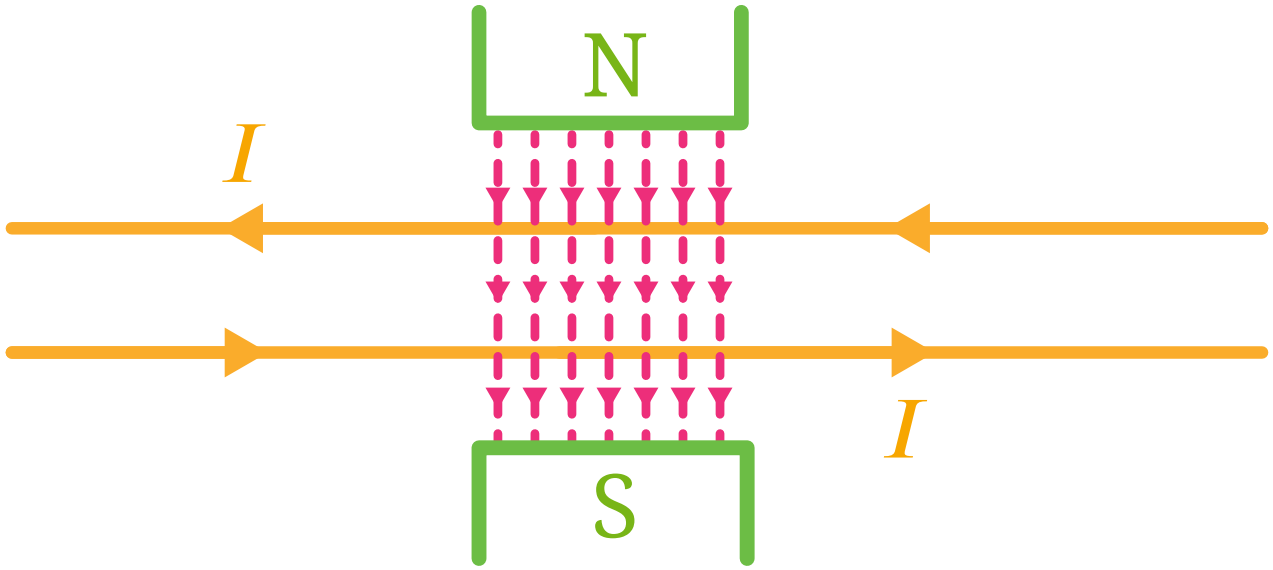
القوة المؤثرة على أسلاك موصلة موضوعة في مجال مغناطيسي



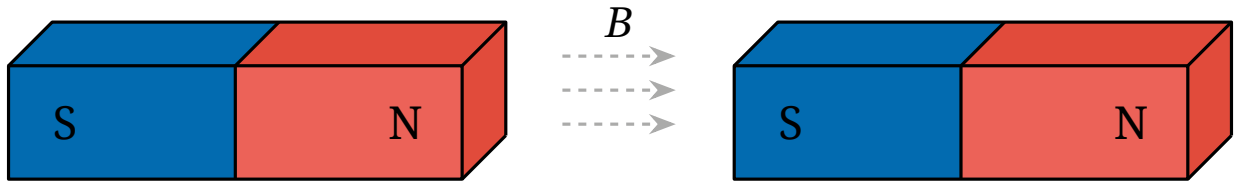
أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- إدراك أنه إذا وُضِع سلك يمر به تيار كهربي في مجال مغناطيسي، تؤثر عليه قوة وقد يتحرَّك
- إدراك أن السلك يجب أن يُوضَع عموديًّا على المجال المغناطيسي لكي يكون مقدار القوة أكبر ما يمكن
- إدراك أنه إذا وُضع السلك موازيًا للمجال فلن تؤثر عليه أي قوة
- معرفة اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفلمنج
- استخدام $F = BIL \sin\theta$ لإيجاد أي مجهول

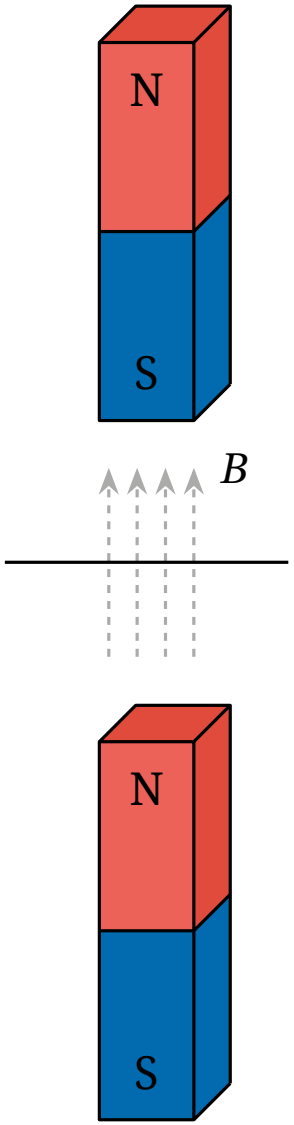
القوة المؤثرة على أسلاك موصِّلة موضوعة في مجال مغناطيسي

ربما تكون قد درستَ من قبلُ كيف تؤثِّر المغناطيسات الدائمة بعضها على بعض، فهي قد تتنافر أو تتجاذب وفقًا للقطبين المتواجِهين. يحدث ذلك نتيجة تأثير المجالات المغناطيسية التي يُشار إليها بالرمز B، ويوضِّح الشكل الآتي اتجاه المجال لقطبين متعاكِسين.

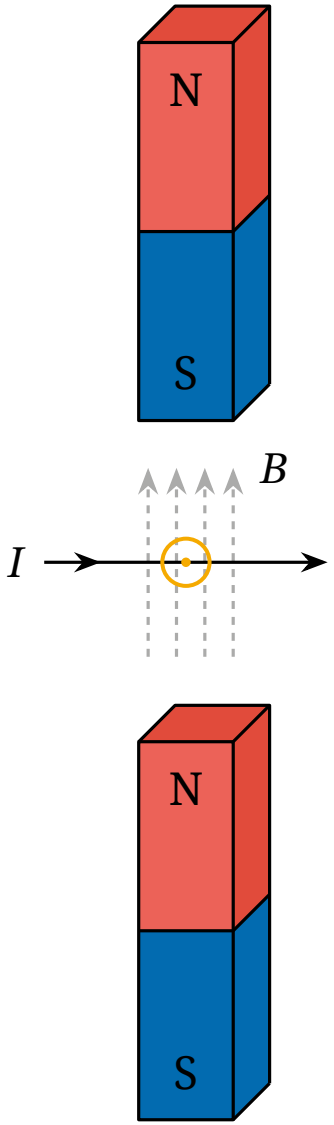


القوة المؤثرة على أسلاك موصِّلة موضوعة في مجال مغناطيسي (متابعة)

ومع ذلك فإن المغناطيسات لا يؤثِّر بعضها على بعض بقوة وحسب. بل إنها في الظروف المناسِبة يُمكن أيضًا أن تؤثِّر بقوة على سلك. دعونا نفترض أننا نضع سلكًا بين هذين المغناطيسين، بحيث يكون السلك داخلَ المجال المغناطيسي، كما في الشكل المقابل.



القوة المؤثرة على أسلاك موصِّلة موضوعة في مجال مغناطيسي (متابعة)



إذا كان السلك لا يمرُّ به تيار فلن تُوجَد قوة، أمَّا إذا كان هذا السلك يمرُّ به التيار I العمودي على اتجاه المجال المغناطيسي فإن المجال المغناطيسي يتفاعل معه، وهو ما يولِّد قوة تؤثِّر على السلك اتجاهها إلى خارج الشاشة.

قد تؤدِّي هذه القوة إلى تحرُّك السلك، مثلما تتحرَّك المغناطيسات الدائمة عند تعرُّضها لمجالات مغناطيسية من مغناطيسات أخرى. القوة المؤثِّرة على هذا السلك موضَّحة باللون الأصفر على الشكل المقابل.

اتجاه القوة

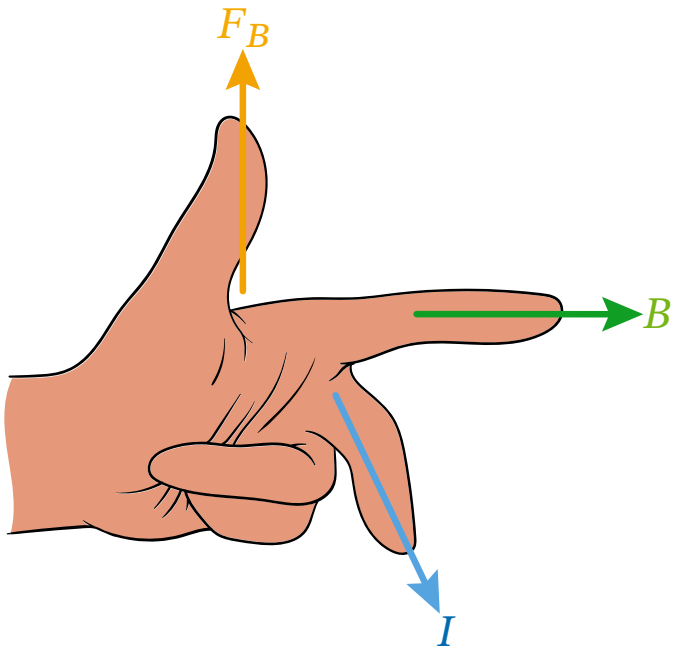
النقطة المُحاطة بدائرة تُشير إلى قوة اتجاهها إلى خارج الشاشة، أمَّا العلامة X المُحاطة بدائرة، فتُشير إلى قوة اتجاهها إلى داخل الشاشة، كما هو موضَّح في الشكل الآتي.

إلى داخل الشاشة

إلى خارج الشاشة

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

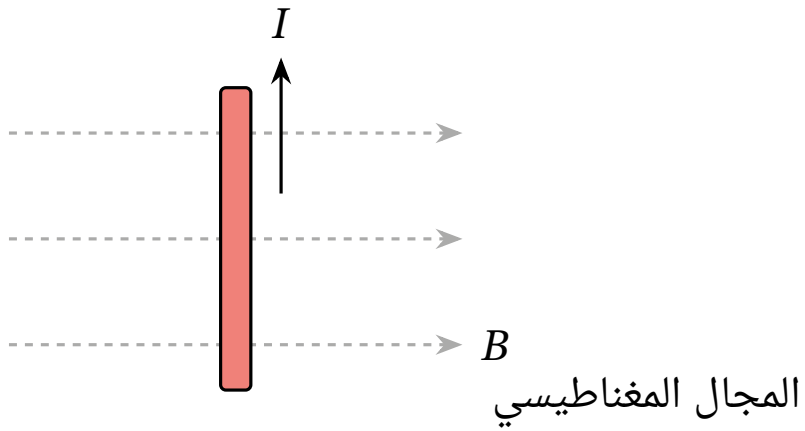
يُمكننا تحديد اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفلمنج. باستخدام يدك اليسرى، مُدَّ إصبع السبابة إلى الأمام، ووجِّه الإبهام إلى أعلى، وحرِّك الوُسْطى لتصبح عمودية على الإبهام، كما هو موضَّح في الشكل الآتي.



السبابة تمثِّل اتجاه المجال المغناطيسي B، والوُسْطى تمثِّل اتجاه التيار الكهربي I، أمَّا الإبهام فتمثِّل اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك F_B.

مثال ١: فهْم اتجاه القوة المؤثِّرة على سلك به تيار موضوع في مجال مغناطيسي منتظِم

يوضِّح الشكل مقطعًا لسلك وُضِع بزاوية $90°$ مع مجال مغناطيسي شدته $0.1\ \text{T}$. يحمل السلك تيارًا شدته $2\ \text{A}$. ما اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك بسبب المجال المغناطيسي؟



مثال ١ (متابعة)

الحل

على الرغم من أننا نعلم قيمة شدة المجال المغناطيسي وشدة التيار، فإن هذا لن يؤثِّر على اتجاه التيار. لإيجاد اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك عندما يُوضَع بزاوية 90°، علينا استخدام قاعدة اليد اليسرى.

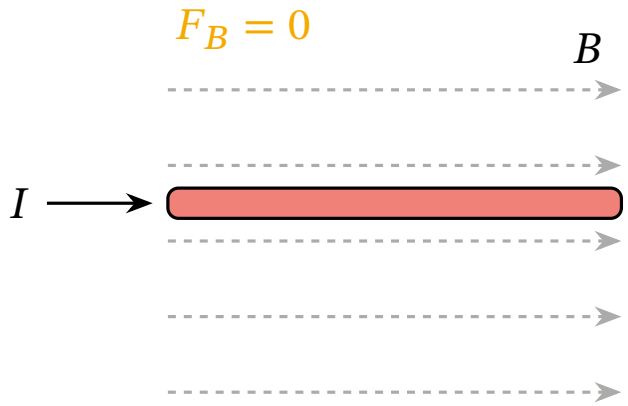
يكون اتجاه المجال المغناطيسي، وتمثِّله إصبع السبابة، لليمين. ويكون اتجاه التيار، وتمثِّله الإصبع الوسطى، لأعلى. ويجب أن تكون راحة اليد متجهةً إلى أعلى.

وبإخراج إصبع الإبهام نرى أن اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك سيكون إلى داخل الشاشة؛ ومن ثَمَّ يُمكننا الإشارة إليه بدائرة في منتصفها X.

إذن اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك يكون إلى داخل الشاشة.

القوة الناتجة عن سلك يمرُّ به تيار موازٍ للمجال المغناطيسي

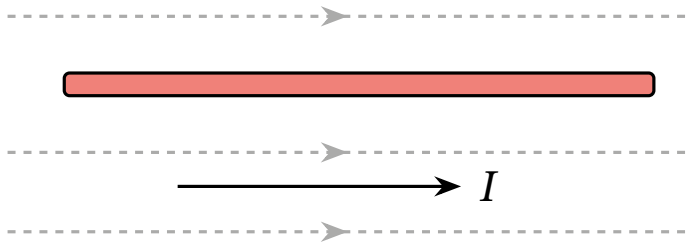
كلما اقتربت الزاوية بين المجال المغناطيسي والتيار الكهربي من 90 درجة، تزداد القوة المؤثِّرة على السلك. وتقلُّ قيمة هذه القوة تدريجيًّا حتى تَصِل إلى الصفر عندما يكونان متوازيَيْن، أو بينهما زاوية قياسها 0 درجة، كما هو موضَّح في الشكل الآتي.



وفي هذه الحالة لا يُهِمُّ اتجاه التيار؛ لأنه موازٍ للمجال المغناطيسي في الحالتين.

مثال ٢: فهْم تأثير مجال مغناطيسي منتظِم على سلك يمرُّ به تيار موازٍ للمجال

يوضِّح الشكل مقطعًا لسلك وُضِع موازيًا لمجال مغناطيسي منتظِم شدته $0.1\,\text{T}$. يمرُّ بالسلك تيار شدته $2\,\text{A}$. ما اتجاه القوة المؤثِّرة على السلك بفعل المجال المغناطيسي؟



المجال المغناطيسي

مثال ٢ (متابعة)

الحل

لا يعتمد اتجاه القوة على قيمتَيْ شدة المجال المغناطيسي وشدة التيار، حتى مع معرفة هاتين القيمتين. ما يُهِمُّ هنا هو الزاوية.

إذا كان قياس الزاوية المحصورة بين اتجاه التيار واتجاه المجال المغناطيسي لا يساوي صفرًا، فإنه حينها فقط ستُوجَد قوة مؤثِّرة على السلك.

اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار في السلك متوازيان في هذا المثال؛ ومن ثَمَّ لن تُوجَد قوة مؤثِّرة على السلك في أيِّ اتجاه.

معادلة: القوة المؤثِّرة على سلك موصِّل موضوع في مجال مغناطيسي

إذا كان اتجاه سلك يمرُّ به تيار عموديًّا على اتجاه مجال مغناطيسي، فإن هذا المجال المغناطيسي يؤثِّر على السلك بالقوة F_B التي نحصل عليها من المعادلة:

$$F_B = BIL,$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، وI التيار المار في السلك، وL طول السلك الموجود داخل المجال المغناطيسي.

مثال ٣: إيجاد القوة المؤثِّرة على سلك يحمل تيارًا موضوع في مجال مغناطيسي منتظِم

وُضِع جزء طوله $20\,\text{cm}$ من سلك يحمل تيارًا شدته $12\,\text{A}$ ، بزاوية $90°$ في مجال مغناطيسي شدته $0.1\,\text{T}$. ما مقدار القوة التي تؤثِّر على السلك؟

الحل

يُمكننا البدء بالنظر إلى المتغيِّرات التي علينا إيجادها في معادلة القوة المؤثِّرة على سلك يحمل تيارًا:

$$F_B = BIL.$$

B هي شدة المجال المغناطيسي، مُعطاة بوحدة النظام الدولي للوحدات، تسلا (T). بالتعبير عنها بطريقة أخرى، تسلا واحد يساوي نيوتن واحدًا لكل أمبير متر، أو $\frac{\text{N}}{\text{A} \times \text{m}}$. شدة هذا المجال المغناطيسي تساوي $0.1\,\text{T}$.

وشدة التيار I تساوي 12 أمبير.

مثال ٣ (متابعة)

لدينا جزء طوله $20\,\text{cm}$ من السلك، إذن هذه قيمة L. لكننا نريد هذا الطول بوحدة المتر، لنحذفه مع المتر في وحدة التسلا. يُوجَد $100\,\text{cm}$ في المتر واحد، وهو ما يُمكن التعبير عنه بالعلاقة:

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

إذن بضرب هذه العلاقة في القيمة المُعطاة، وهي $20\,\text{cm}$، نحصل على الطول بوحدة المتر:

$$\frac{1\,\text{m}}{100\,\text{cm}} \times 20\,\text{cm} = 0.2\,\text{m}.$$

طول هذا السلك يساوي 0.2 متر.

مثال ٣ (متابعة)

والآن أصبح لدينا جميع المتغيِّرات التي نحتاج إليها لإيجاد مقدار القوة المؤثِّرة على السلك. بالتعويض عن شدة المجال المغناطيسي بـ $0.1\,\text{T}$، وعن شدة التيار بـ $12\,\text{A}$، وعن الطول بـ $0.2\,\text{m}$، نحصل على:

$$F_B = BIL$$
$$F_B = (0.1\,\text{T})\,(12\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}).$$

والآن دعونا نفكَّ وحدات التسلا لنرى كيف يُمكن حذفها مع الوحدات الأخرى عند ضربها معًا:

$$F_B = \left(0.1\frac{\text{N}}{\text{A}\times\text{m}}\right)(12\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}).$$

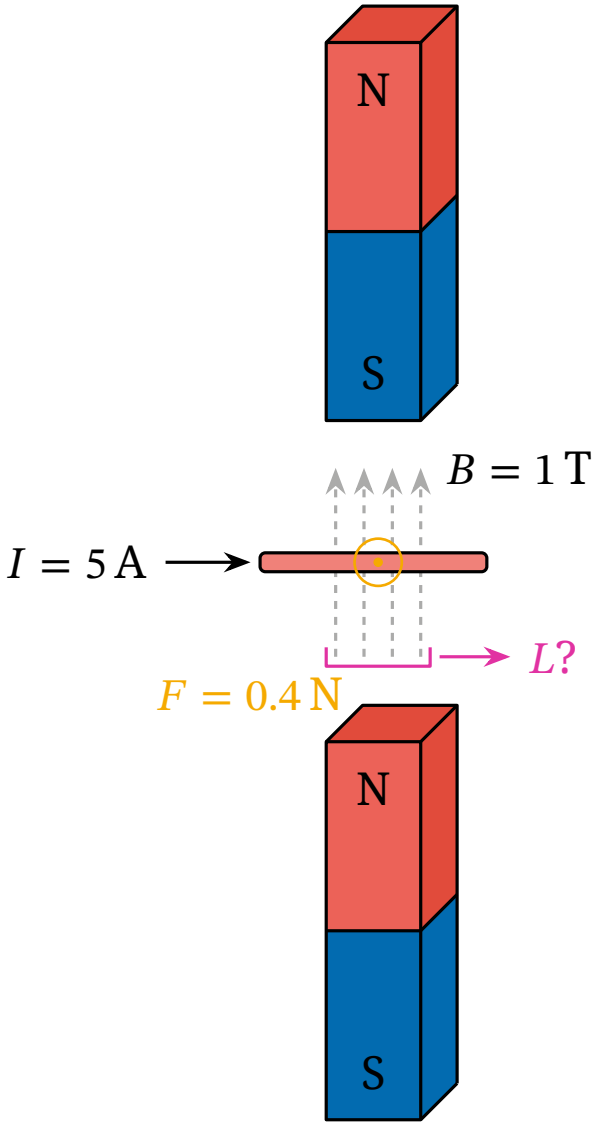
يُمكننا الآن أن نلاحِظ أن وحدات المتر والأمبير تُلغَى عند ضرب هذين الحدَّيْن معًا، ويتبقَّى لنا فقط وحدة النيوتن، وهي وحدة القوة في النظام الدولي للوحدات:

$$\left(0.1\frac{\text{N}}{\text{A}\times\text{m}}\right)(12\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}) = 0.24\,\text{N}.$$

إذن مقدار القوة المؤثِّرة على السلك هو 0.24 نيوتن.

مثال توضيحي باستخدام

نفترض أن لدينا سلكًا يمرُّ به تيار شدته 5 A، اتجاهه عمودي على مجال مغناطيسي شدته 1 T. مقدار القوة المؤثِّرة على السلك يساوي 0.4 N، لكننا لا نعرف طول السلك الموضوع في المجال المغناطيسي L. يوضِّح الشكل المقابل هذا السلك. .



مثال توضيحي باستخدام $F = BIL$ لإيجاد طول السلك (متابعة)

يُمكننا إيجاد طول السلك باستخدام معادلة القوة المؤثِّرة على سلك يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي، ثم عزل L:

$$F_B = BIL.$$

نبدأ بقسمة الطرفين على BI:

$$\frac{F_B}{BI} = \frac{BIL}{BI}.$$

وبحذف BI من البسط والمقام في الطرف الأيمن يتبقَّى لنا فقط الطول L:

$$\frac{F_B}{BI} = L.$$

وبالتعويض بالقِيَم الأخرى يُمكننا الحلُّ لإيجاد الطول:

$$\frac{(0.4\,\mathrm{N})}{(1\,\mathrm{T})\,(5\,\mathrm{A})} = L.$$

مثال توضيحي باستخدام $F = BIL$ لإيجاد طول السلك (متابعة)

أولًا: نفكُّ وحدة التسلا:

$$\frac{(0.4\,\mathrm{N})}{\left(1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)(5\,\mathrm{A})} = L.$$

ونعلم أن القسمة على عدد يكافئ الضرب في مقلوبه. عند حذف وحدتي النيوتن والأمبير نحصل على:

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{N}}{\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)\mathrm{A}} &= \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}}\times\left(\frac{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}{\mathrm{N}}\right)\\ &= \mathrm{m}.\end{aligned}$$

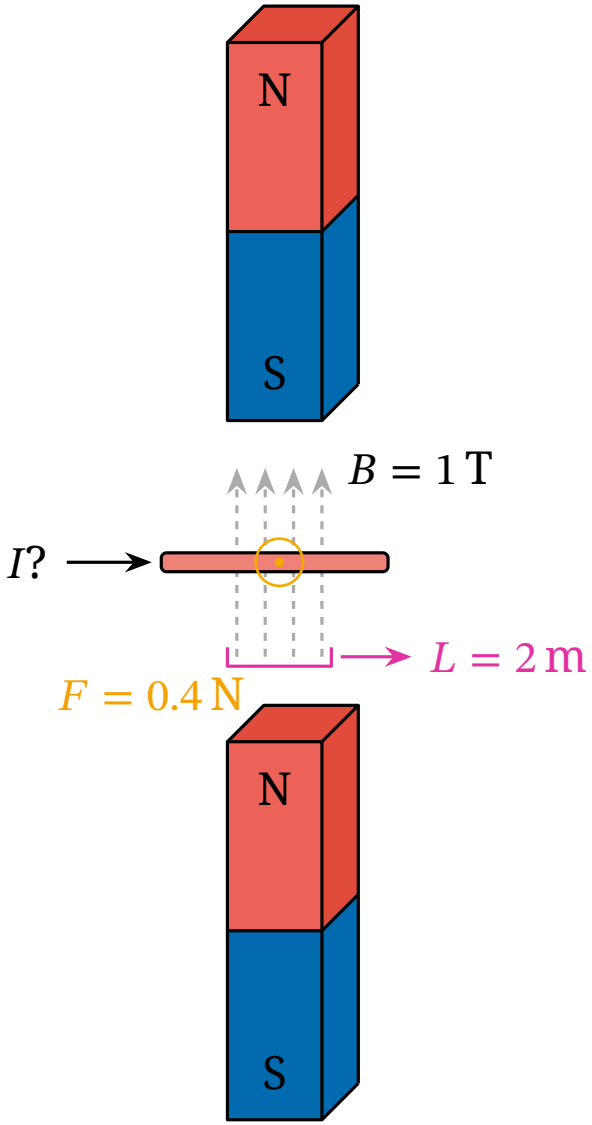
هذا يعني أن جميع الوحدات يُلغِي بعضها بعضًا ما عدا الطول، وتكون الإجابة هي:

$$\frac{(0.4\,\mathrm{N})}{\left(1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)(5\,\mathrm{A})} = 0.08\,\mathrm{m}.$$

إذن طول هذا السلك يساوي 0.08 متر، أو 8 سنتيمترات.

مثال توضيحي باستخدام $F = BIL$ لإيجاد شدة التيار

نفترض أن لدينا سلكًا شدة التيار المار به مجهولة، لكننا نعلم أن اتجاه هذا التيار عمودي على مجال مغناطيسي شدته $1\,\mathrm{T}$. ومقدار القوة المؤثِّرة على السلك يساوي $0.4\,\mathrm{N}$، وطول السلك الذي يمرُّ عبر المجال المغناطيسي يساوي $2\,\mathrm{m}$. يوضِّح الشكل المقابل هذا السلك.



مثال توضيحي باستخدام $F = BIL$ لإيجاد شدة التيار (متابعة)

هيَّا نُوجِد شدة التيار. لنبدأ بالمعادلة الأصلية:

$$F_B = BIL,$$

حيث يُمكننا قسمة كلا الطرفين على BL، فيصبح لدينا:

$$\frac{F_B}{BL} = \frac{BIL}{BL}.$$

وهذا يؤدِّي إلى حذف BL من بسط ومقام الطرف الأيمن، لتتبقَّى فقط شدة التيار I:

$$\frac{F_B}{BL} = I.$$

دعونا نعوِّض بعد ذلك بقِيَم كلٍّ من القوة $0.4\,\text{N}$، وشدة المجال المغناطيسي $1\,\text{T}$، والطول $2\,\text{m}$، لنحصل على:

$$\frac{(0.4\,\text{N})}{(1\,\text{T})\,(2\,\text{m})} = I$$

مثال توضيحي باستخدام $F = BIL$ لإيجاد شدة التيار (متابعة)

ثم نفك وحدة التسلا لنحصل على:

$$\frac{(0.4\,\mathrm{N})}{\left(1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)(2\,\mathrm{m})} = I.$$

القسمة على عدد تكافئ الضرب في مقلوبه. عند حذف وحدتي النيوتن والمتر، سنحصل على:

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{N}}{\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)\mathrm{m}} &= \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \times \left(\frac{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}{\mathrm{N}}\right) \\ &= \mathrm{A}.\end{aligned}$$

وهذا يعني أن جميع الوحدات يُلغِي بعضها بعضًا، ماعدا شدة التيار، ويتبقَّى فقط الأمبير:

$$\frac{(0.4\,\mathrm{N})}{\left(1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\times\mathrm{m}}\right)(2\,\mathrm{m})} = 0.2\,\mathrm{A}.$$

إذن شدة التيار في هذا السلك تساوي $0.2\,\mathrm{A}$.

مثال ٤: إيجاد شدة مجال مغناطيسي منتظِم بمعرفة مقدار القوة المؤثِّرة على سلك يحمل تيارًا

وُضِع سلك بحيث يصنع زاوية $90°$ مع مجال مغناطيسي، يبلغ طول هذا السلك $1\,\text{m}$، ويمرُّ به تيار شدته $4\,\text{A}$، وتؤثِّر عليه قوة مقدارها $0.2\,\text{N}$. ما شدة المجال المغناطيسي؟

الحل

يصنع هذا السلك زاوية قياسها 90 درجة مع المجال المغناطيسي، وهو ما يعني أنه عمودي تمامًا على اتجاه المجال المغناطيسي.

ونحن نريد عزل شدة المجال المغناطيسي B في طرف بمفردها. دعونا نبدأ بالمعادلة الأساسية:

$$F_B = BIL,$$

حيث نقسم الطرفين على IL:

$$\frac{F_B}{IL} = \frac{BIL}{IL}.$$

مثال ٤ (متابعة)

ويؤدّي هذا إلى حذف IL في الطرف الأيمن، فيتبقَّى فقط B:

$$\frac{F_B}{IL} = B.$$

نعوِّض بعد ذلك بقيمة كلٍّ من القوة $0.2\,\text{N}$، وشدة التيار $4\,\text{A}$، والطول $1\,\text{m}$، لنحصل على:

$$\frac{(0.2\,\text{N})}{(4\,\text{A})\,(1\,\text{m})} = B.$$

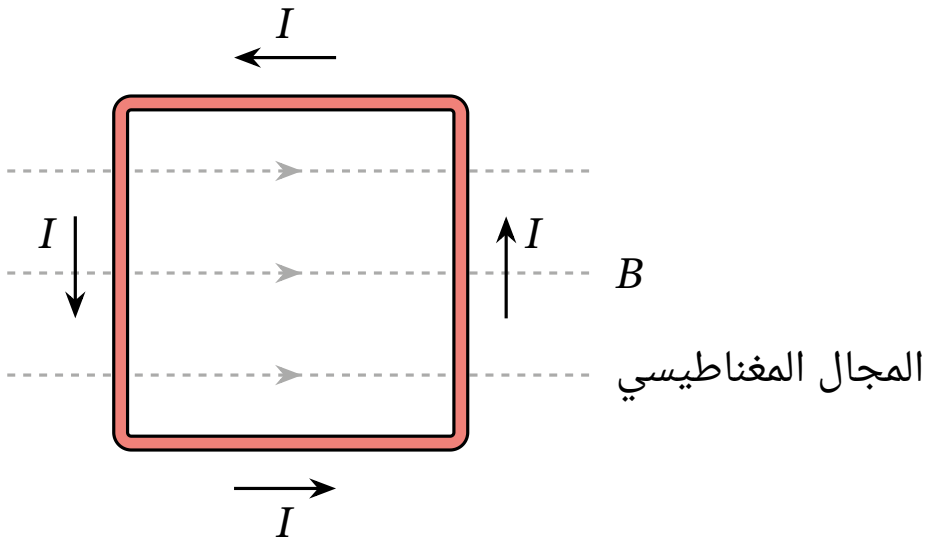
وحدة القياس تسلا تساوي نيوتن لكل أمبير متر، وهو ما نلاحِظه هنا بالضبط. وبضرب هذه الوحدات معًا، نحصل على الإجابة:

$$\frac{(0.2\,\text{N})}{(4\,\text{A})\,(1\,\text{m})} = 0.05\,\text{T}.$$

إذن شدة المجال المغناطيسي تساوي 0.05 تسلا.

مثال ٥: فهْم القوى المؤثِّرة على قطاع مربع من سلك يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي منتظِم

يوضِّح الشكل قطاعًا مربعًا من سلك وُضِعَ في مجال مغناطيسي مُنتظِم؛ بحيث يكُون ضلعان من أضلاعه عموديين على اتجاه المجال، والضلعان الآخَران موازيَيْن للمجال. شدة المجال المغناطيسي $0.3\,\text{T}$، وشدة التيار المار عَبْر السلك $2\,\text{A}$. كلُّ ضلع من أضلاع المربع طوله $0.2\,\text{m}$.



مثال ٥ (متابعة)

1. ما مقدار القوة المؤثِّرة على الجانب الأيمن من المربع؟
2. في البداية؛ ما اتجاه القوة المؤثِّرة على الجانب الأيمن من المربع؟
   أ. إلى خارج الشاشة
   ب. إلى داخل الشاشة
3. ما مقدار القوة المؤثِّرة على الجانب الأيسر من المربع؟
4. في البداية، ما اتجاه القوة المؤثِّرة على الجانب الأيسر من المربع؟
   أ. إلى داخل الشاشة
   ب. إلى خارج الشاشة
5. ما مقدار القوة المؤثِّرة على الجانب العُلوي من المربع؟
6. ما التأثير الكلي للمجال المغناطيسي على السلك؟
   أ. المجال المغناطيسي ليس له تأثير على السلك.
   ب. المجال المغناطيسي يجعل السلك يدور حول المحور y للشاشة.
   ج. المجال المغناطيسي يجعل السلك يتسارع عموديًّا على الشاشة إلى الداخل.
   د. المجال المغناطيسي يجعل السلك يتسارع عموديًّا على الشاشة إلى الخارج.
   هـ. المجال المغناطيسي يجعل السلك يدور حول المحور x للشاشة.

مثال ٥ (متابعة)

الحل

الجزء الأول

اتجاه التيار المار في السلك عمودي على المجال المغناطيسي؛ ومن ثَمَّ تُوجَد قوة مؤثِّرة عليه. يُمكننا إيجاد هذه القوة باستخدام المعادلة:

$$F_B = BIL;$$

ثم التعويض بقيمة كلٍّ من شدة المجال المغناطيسي $0.3\,\text{T}$، وشدة التيار $2\,\text{A}$، والطول $0.2\,\text{m}$، وهو ما يُعطينا:

$$F_B = (0.3\,\text{T})\,(2\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}).$$

بفكِّ وحدة التسلا، نلاحِظ أن وحدات الأمبير والمتر تُلغَى لنحصل على:

$$\left(0.3\frac{\text{N}}{\text{A}\times\text{m}}\right)(2\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}) = 0.12\,\text{N}.$$

إذن مقدار القوة المؤثِّرة على السلك هو 0.12 نيوتن.

مثال ٥ (متابعة)

الجزء الثاني

يُمكن تحديد اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفلمنج. يُشير المجال المغناطيسي (إصبع السبابة) إلى اليمين، ويُشير التيار (إصبع الوسطى) إلى أعلى. وهذا يعني أنه بإخراج الإبهام مع جعل اتجاه راحة اليد إلى أعلى ستشير القوة إلى داخل الشاشة.

إذن الإجابة الصحيحة هي ب: إلى داخل الشاشة.

الجزء الثالث

كما في الجزء الأول، اتجاه التيار في السلك عمودي على المجال المغناطيسي، لكنه فقط في الاتجاه المعاكِس. يُمكننا إيجاد مقدار القوة باستخدام المعادلة:

$$F_B = BIL,$$

ثم التعويض بالقِيَم المُعطاة لشدة المجال المغناطيسي $0.3\,\text{T}$، وشدة التيار $2\,\text{A}$، والطول $0.2\,\text{m}$، فنحصل على:

$$F_B = (0.3\,\text{T})\,(2\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}).$$

بفكِّ وحدة التسلا، نلاحِظ أن وحدات الأمبير والمتر تُلغَى لنحصل على:

$$\left(0.3\frac{\text{N}}{\text{A}\times\text{m}}\right)(2\,\text{A})\,(0.2\,\text{m}) = 0.12\,\text{N}.$$

مثال ٥ (متابعة)

الجزء الرابع

مقدار القوة، كما في الجزء الأول يساوي 0.12 نيوتن.

لكن اتجاه القوة مختلف. فالمجال المغناطيسي يُشير إلى اليمين، والتيار يُشير إلى أسفل. وهو ما يجعل الإبهام تُشير إلى خارج الشاشة، بحيث تكون راحة اليد متجهة لأسفل.

إذن الإجابة الصحيحة هي ب: إلى خارج الشاشة.

الجزء الخامس

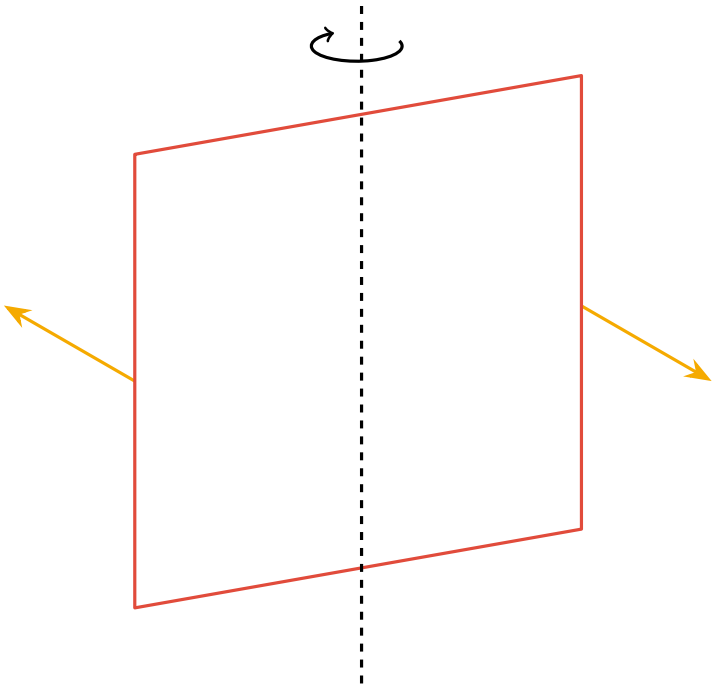
على طول الجزء العُلوي من المربع، يكون التيار موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي. لا يُهمُّنا اتجاه التيار؛ لأن أيَّ خطين يُمكن أن يكونا متوازيَيْن حتى إذا كان لهما اتجاهان متعاكسان. ومن ثَمَّ فإن مقدار القوة المؤثِّرة على الجانب العُلوي من المربع يساوي صفرًا.

وينطبق الأمر نفسه على الجانب السُّفلي من المربع؛ حيث لا تُوجَد قوة مؤثِّرة على السلك هنا.

الجزء السادس

بمعرفة كلِّ ذلك، دعونا نفكِّر في كيفية تأثير هذه القوى على هذا الملف. الجزآن العُلوي والسُّفلي لا يتأثَّران بقوة، بينما يتأثَّر الجزآن الأيمن والأيسر بقوتين ثابتتين اتجاههما إلى داخل الشاشة وخارجها على الترتيب. ونظرًا لأن هذه القوى تؤثر على أجزاء مختلفة من السلك ولا يلغي أحدهما تأثير الآخر، وبالتالي يوجد تأثير كلي للمجال المغناطيسي على السلك. ولا ينطبق هذا على الخيار أ.

مثال ٥ (متابعة)



القوى المؤثرة على الجانبين الأيسر والأيمن من السلك لا يُمكن جمعها معًا، لأنها تشير إلى اتجاهين متعاكسين. وهذا يعني أن الملف لن يتسارَع إلى داخل الشاشة ولا إلى خارجها؛ ومن ثم فإن الإجابة لا يُمكن أن تكون ج أو د.

بدلًا من ذلك، سيدور الملف باستمرار حول المركز. وبما أن كلًّا من الجزأين العُلوي والسُّفلي لا يتأثَّران بقوة، فلن يدور السلك حول المحور x. عند النظر إلى السلك من زاوية مختلفة قليلًا سيبدو كما في الشكل المقابل. سيبدأ في الدوران حول المحور y.

إذن الإجابة الصحيحة هي ب: السلك يدور حول المحور y.

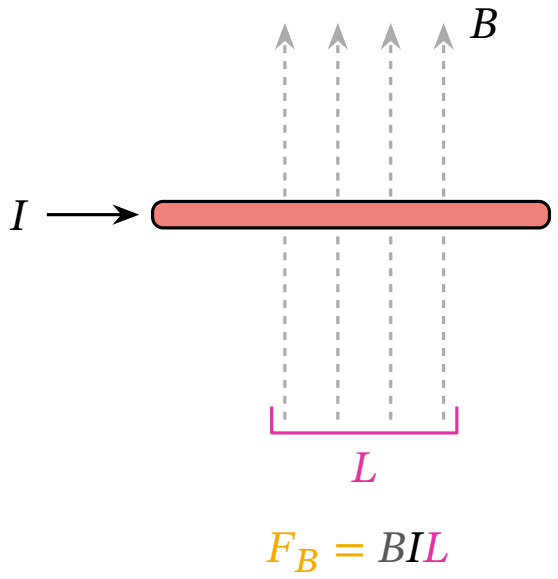
القوة المؤثرة على أسلاك موصلة موازية أو عمودية على المجال المغناطيسي

رأينا أن القوة المؤثِّرة على سلك موصِّل موضوع في مجال مغناطيسي تساوي صفرًا عندما يكون السلك موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي، ولكن عندما يكون عموديًّا عليه يُمكن إيجاد القوة باستخدام المعادلة:

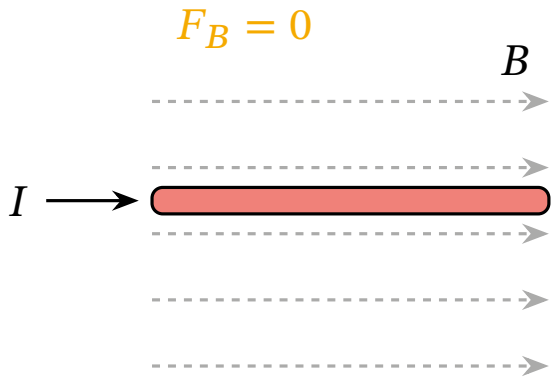
$$F_B = BIL.$$

هاتان الحالتان موضَّحتان في الشكلين المتجاورين على اليسار.

عمودي

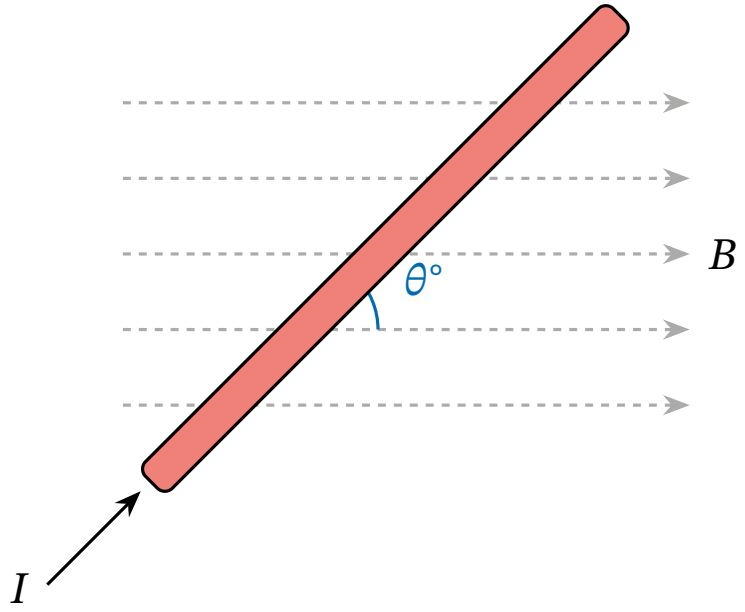


موازٍ



القوة المؤثِّرة على سلك موصِّل موضوع بزاوية في مجال مغناطيسي

أمَّا إذا كان السلك الموصِّل موضوعًا بزاوية ليست 0 ولا 90 درجة، فيجب التعبير عن ذلك بمعادلة مختلفة. يوضِّح الشكل الآتي سلكًا موضوعًا بزاوية، وهذه الزاوية هي θ درجة.



هذا السلك سيكون له قوة مؤثرة عليه تعتمد على $\sin(\theta)$.

معادلة: القوة المؤثِّرة على سلك موصِّل موضوع بزاوية في مجال مغناطيسي

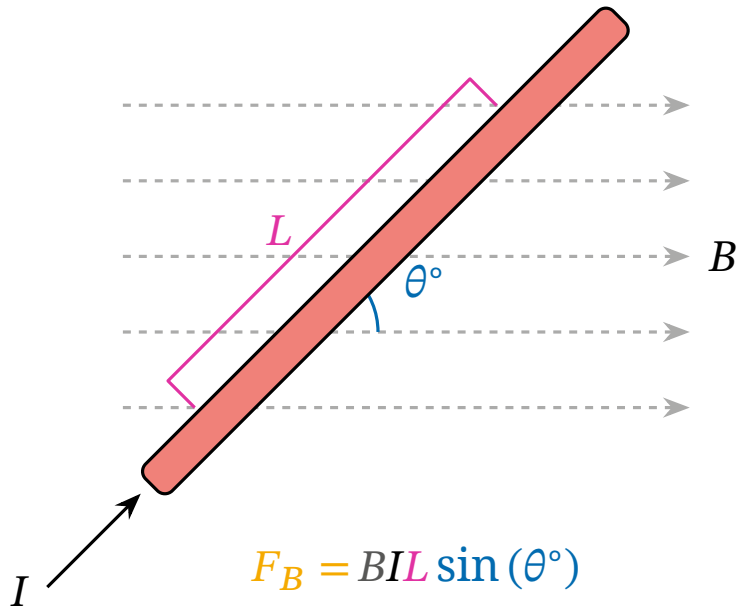
عند وجود سلك يمرُّ به تيار اتجاهه يصنع زاوية مع اتجاه المجال المغناطيسي، فإن المجال المغناطيسي يؤثِّر على السلك بالقوة F_B التي تُحسَب من المعادلة:

$$F_B = BIL \sin(\theta),$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، وI شدة التيار في السلك، وθ الزاوية التي يصنعها السلك مع المجال المغناطيسي، وL طول السلك الموضوع في المجال المغناطيسي.

متغيرات المعادلة $F_B = BIL\sin(\theta)$

يوضح الشكل الآتي متغيرات المعادلة $F_B = BIL\sin(\theta)$ معًا.



النقاط الرئيسية

- السلك الذي يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي تؤثِّر عليه قوة.
- إذا كان اتجاه المجال المغناطيسي عموديًا ($90°$) على اتجاه التيار المار في سلك، فإن القوة F التي تؤثِّر على السلك وهي الناشئة عن المجال المغناطيسي تُحسَب من المعادلة:

$$F_B = BIL,$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، وI شدة التيار المار في السلك، وL طول السلك الموضوع في المجال.

- إذا كان اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار المار في سلك متوازيَيْن($0°$)، أو متوازيَيْن ومتعاكِسين في الاتجاه ($180°$)، فلن تتولَّد قوة تؤثِّر على السلك:

$$F_B = 0.$$

- استخدم قاعدة اليد اليسرى لفلمنج لتحديد اتجاه القوة الناشئة عن المجال المغناطيسي: إصبع السبابة تُشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي، وإصبع الوُسْطى إلى اتجاه التيار، بينما تتَّجِه إصبع الإبهام مُشيرة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.