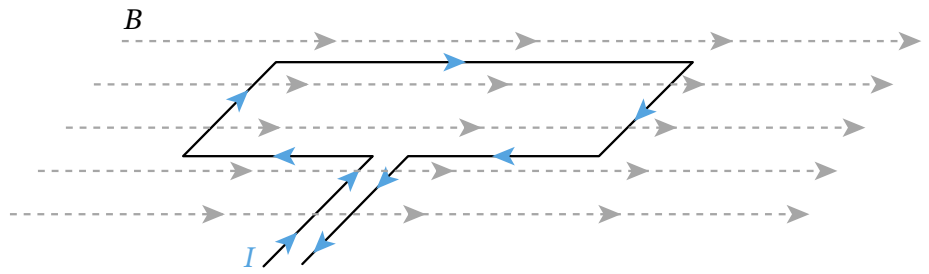
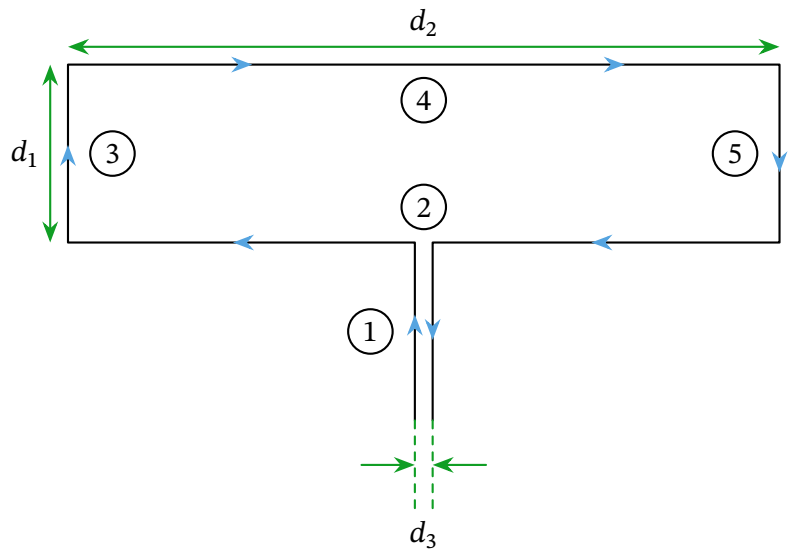
شارح: عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يمرُّ به تيار عند وضْعه في مجال مغناطيسي

في هذا الشارح، سوف نتعلَّم كيف نحسب عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يمرُّ به تيار عند وضعه في مجال مغناطيسي منتظم.

نبدأ بالنظر إلى ملف مستطيل موضوع على مستوى أفقي، ويمر به تيار شدته I. يقع مجال مغناطيسي شدته B في المستوى الأفقي أيضًا. يوضِّح الشكل الآتي هذا الملف.



ننظر إلى الملف المستطيل بمزيد من التفصيل. يوضِّح الشكل كل جانب من جوانب الملف مشارًا إليه برقم.



وكما نرى، يحتوي الملف
المستطيل على سلكين يعملان على نقل التيار من منتصف قاعدة المستطيل. المسافة بين هذين الملفين هي d_3، وهي صغيرة للغاية:

$$d_3 \approx 0.$$

نفترض أيضًا أن طول هذين السلكين الحاملين للتيار صغير. هذا يعني أن علينا التركيز على الجزء المستطيل (من 2 إلى 5) فقط.

تذكَّر أن القوة، F، المؤثِّرة على سلك طوله l يحمل تيارًا I، والعمودية على مجال مغناطيسي B، تساوي:

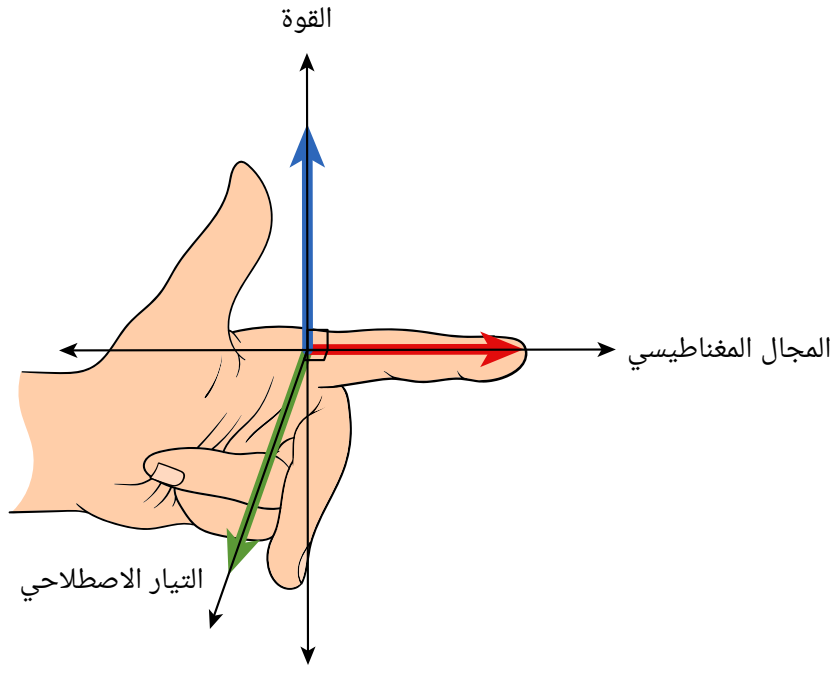
$$F = BIl.$$

إذا نظرنا إلى كل جانب من جوانب الملف، فسنلاحظ وجود قوة تؤثِّر فقط على الجانبين 3 و5. وباعتبار الاتجاه الرأسي لأعلى موجبًا، فإن القوة المؤثِّرة على كلٍّ من هذين الجانبين تساوي:

$$F_3 = -BId_1,$$
$$F_5 = BId_1.$$

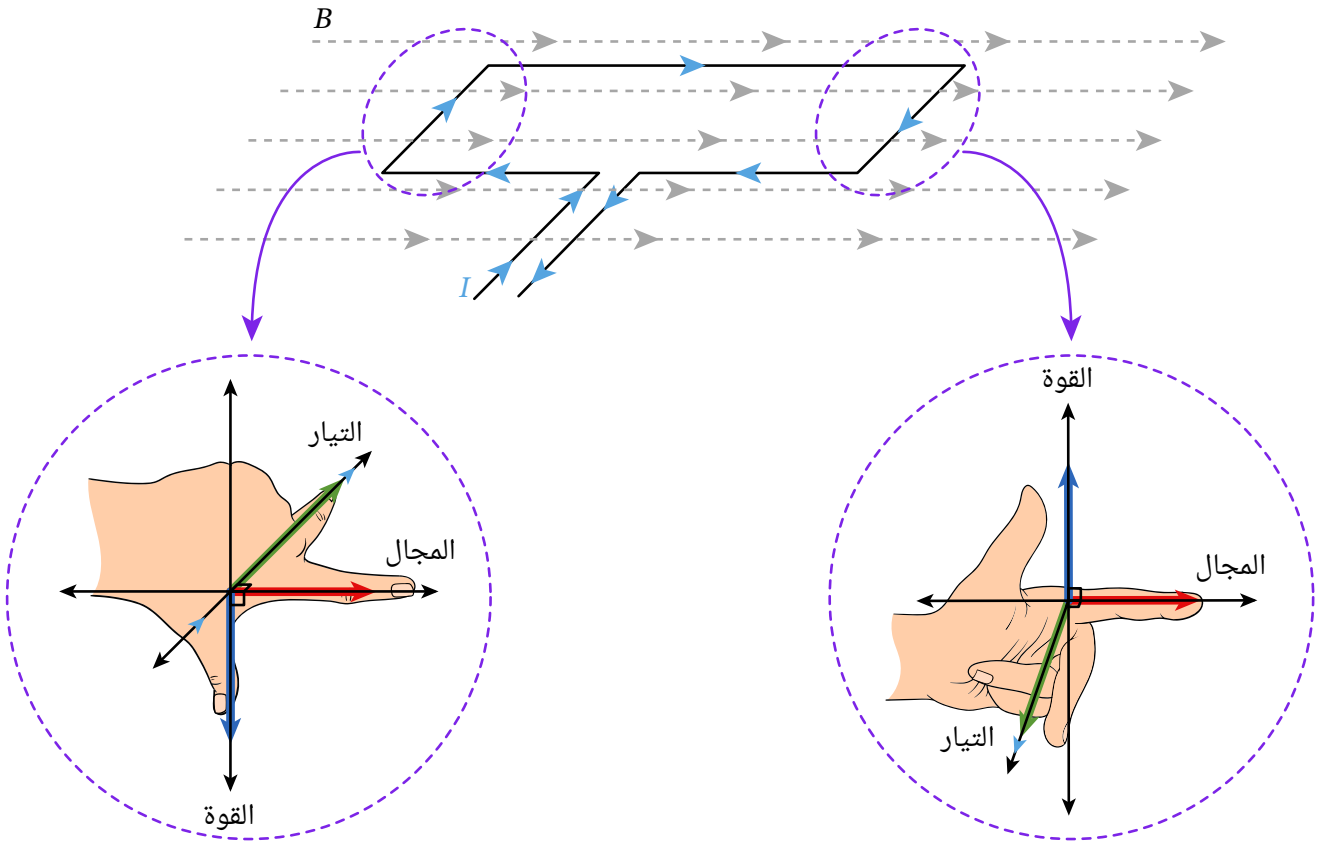
إذن تؤثِّر على جانبي الملف قوتان متساويتان في المقدار، ولكن في اتجاهين متعاكسين. يمكننا إيجاد اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفلمنج.

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج هي قاعدة تُستخدم لإيجاد اتجاه القوة المؤثِّرة على سلك ما بدلالة اتجاه المجال المغناطيسي الذي يقع فيه السلك، واتجاه التيار عبر السلك. يوضِّح الشكل الآتي قاعدة اليد اليسرى لفلمنج والمحاور المكوَّنة من المجال المغناطيسي، والقوة، والتيار.

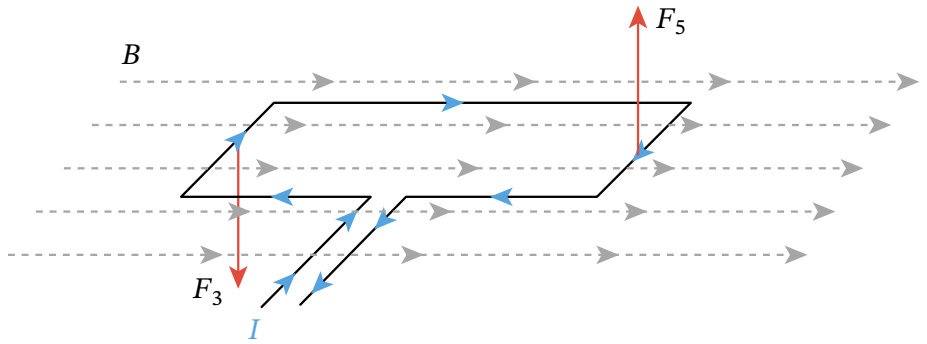


وفقًا لقاعدة اليد اليسرى لفلمنج، يشير الإبهام إلى اتجاه القوة، وتشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسي، وتُشير الإصبع الوسطى إلى اتجاه التيار عبر السلك.

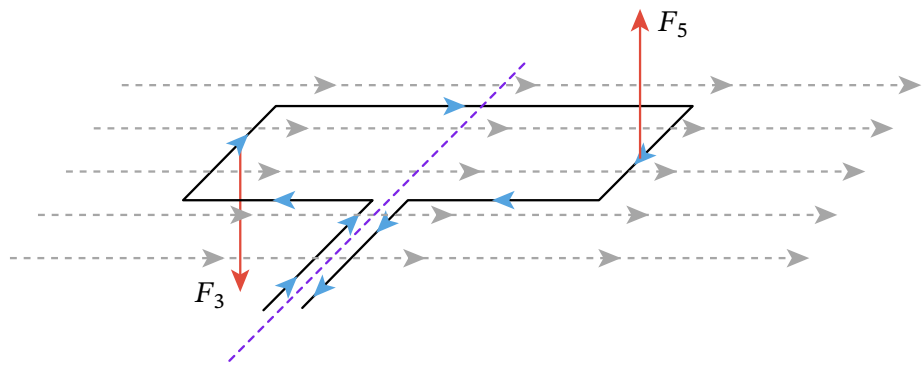
يمكننا استخدام قاعدة اليد اليسرى لفلمنج لإيجاد اتجاه القوة المؤثِّرة على الجانبين 3 و5 من الملف. وهذا موضَّح في الشكل الآتي.



كما نلاحظ، فإن القوة المؤثِّرة على الجانب 3 من الملف تؤثِّر لأسفل، والقوة المؤثِّرة على الجانب 5 من الملف تؤثِّر لأعلى. يوضِّح الشكل الآتي القوى المؤثِّرة على الملف المستطيل؛ حيث تؤثِّر F_3 لأسفل، وتؤثِّر F_5 لأعلى.



والآن، ننظر إلى المحور الذي يمر عبر مركز المستطيل، والذي يمثِّله الخط المتقطع في الشكل الآتي.



يمكن حساب عزم الدوران حول هذا المحور بضرب كل قوة في المسافة العمودية منها إلى المحور:

$$\tau = F_3\left(\frac{-d_2}{2}\right) + F_5\frac{d_2}{2}.$$

بالتعويض عن F_3 وF_5 نحصل على:

$$\tau = -BId_1\left(\frac{-d_2}{2}\right) + BId_1\frac{d_2}{2}$$

$$\tau = BId_1d_2.$$

نلاحظ أن هذه العلاقة تحتوي على d_1 مضروبًا في d_2؛ أي مساحة المستطيل، A. ومن ثمَّ، يمكن كتابة عزم الدوران على الصورة:

$$\tau = BIA.$$

يمكننا أيضًا حساب عزم ثنائي القطب المغناطيسي للملف. يُعرَّف عزم ثنائي القطب المغناطيسي بأنه عزم الدوران المؤثِّر على الملف مقسومًا على شدة المجال المغناطيسي:

$$m_d = \frac{\tau}{B}.$$

تعريف: عزم ثنائي القطب المغناطيسي

يُعرَّف عزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي بأنه عزم الدوران المؤثِّر على الملف مقسومًا على شدة المجال المغناطيسي:

$$m_d = \frac{\tau}{B}.$$

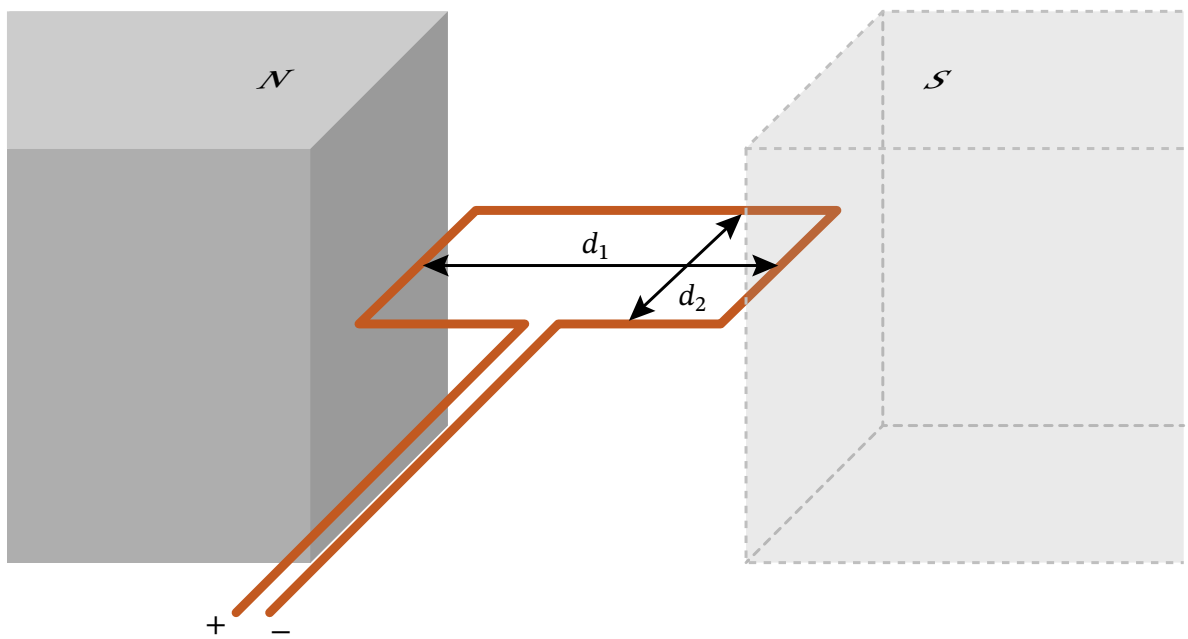
بالنسبة إلى الملف المستطيل، يمكننا التعويض بتعبير عزم الدوران الذي أوجدناه سابقًا:

$$m_d = \frac{BIA}{B}$$
$$m_d = IA.$$

نتناول الآن مثالًا لحساب عزم الدوران وعزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف مستطيل.

مثال ١: حساب عزم الدوران وعزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف مستطيل يحمل تيارًا عند وضعه في مجال مغناطيسي

يوضِّح الشكل ملفًّا مستطيلًا يمر به تيار موضوعًا بين قطبي مغناطيس. جانبا الملف الموازيان للخط d_1 يوازيان المجال المغناطيسي، ويتعامد جانبا الملف الموازيان للخط d_2 على المجال المغناطيسي. شدة التيار المار في الملف 350 mA، وشدة المجال المغناطيسي 0.12 T. طول $d_1 = 0.025$ m، وطول $d_2 = 0.015$ m.



١. أوجد عزم الدوران المؤثِّر على الملف لأقرب ميكرو نيوتن‌متر.

٢. أوجد عزم ثنائي القطب المغناطيسي للملف لأقرب ميكرو نيوتن‌متر لكل تسلا.

الحل

الجزء الأول

يُمكن إيجاد عزم الدوران المؤثِّر على الملف، τ، باستخدام الصيغة:

$$\tau = BIA,$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، I شدة التيار المار في الملف، A مساحة الملف.

بدايةً، نحوِّل شدة التيار المار في الملف إلى وحدة النظام الدولي، الأمبير:

$$I = 350 \text{ mA}$$
$$I = 0.35 \text{ A}.$$

وبما أن الملف مستطيل الشكل، إذن مساحة الملف هي ببساطة:

$$A = d_1 d_2,$$

حيث $d_1 = 0.025 \text{ m}$، $d_2 = 0.015 \text{ m}$، كما هو موضَّح في نص السؤال. وهذا يُعطينا مساحة:

$$A = 3.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2.$$

بالتعويض بقيم I وA في معادلة عزم الدوران، بالإضافة إلى شدة المجال المغناطيسي $B = 0.12 \text{ T}$، نحصل على:

$$\tau = 0.12 \text{ T} \times 0.35 \text{ A} \times 3.75 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$
$$\tau = 1.575 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}.$$

بوحدة ميكرو نيوتن‌متر، هذا يساوي:

$$\tau = 15.75 \text{ μN} \cdot \text{m}.$$

وبالتقريب لأقرب ميكرو نيوتن‌متر، يساوي عزم الدوران المؤثِّر على الملف 16 $\text{μN} \cdot \text{m}$.

الجزء الثاني

عزم ثنائي القطب المغناطيسي، m_d، لملف يمر به تيار وموضوع في مجال مغناطيسي يساوي عزم الدوران المؤثِّر على الملف، τ، مقسومًا على شدة المجال المغناطيسي، B:

$$m_d = \frac{\tau}{B}.$$

بالتعويض بالقيمة $\tau = 1.575 \times 10^{-5}\ \text{N}\cdot\text{m}$ المحسوبة سابقًا، والقيمة المُعطاة $B = 0.12\ \text{T}$، نحصل على:

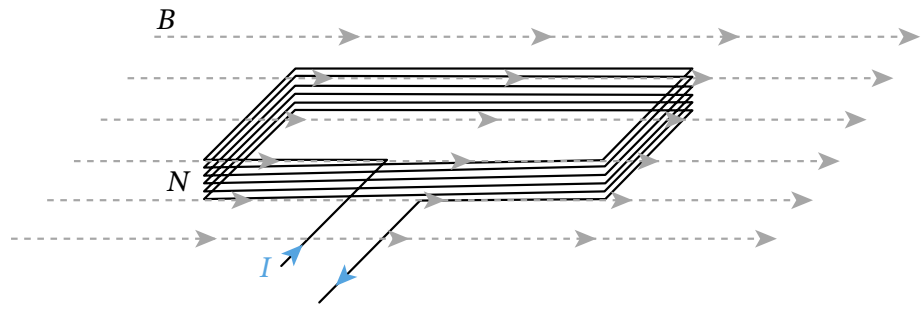
$$m_d = \frac{1.575 \times 10^{-5}\ \text{N}\cdot\text{m}}{0.12\ \text{T}}$$
$$m_d = 1.313 \times 10^{-4}\ \text{N}\cdot\text{m/T}.$$

بوحدة ميكرو نيوتن‌متر لكل تسلا، هذا يساوي:

$$m_d = 131.3\ \mu\text{N}\cdot\text{m/T}.$$

إذن عزم ثنائي القطب المغناطيسي للملف لأقرب ميكرو نيوتن‌متر لكل تسلا يساوي $131\ \mu\text{N}\cdot\text{m/T}$.

الآن، نتناول ما يحدث إذا كان لدينا عدة حلقات أو لفات من الملف المستطيل. يوضِّح الشكل الآتي الملف المستطيل نفسه الذي تناولناه من قبل، إلا أنه الآن يحتوي على عدة لفات.



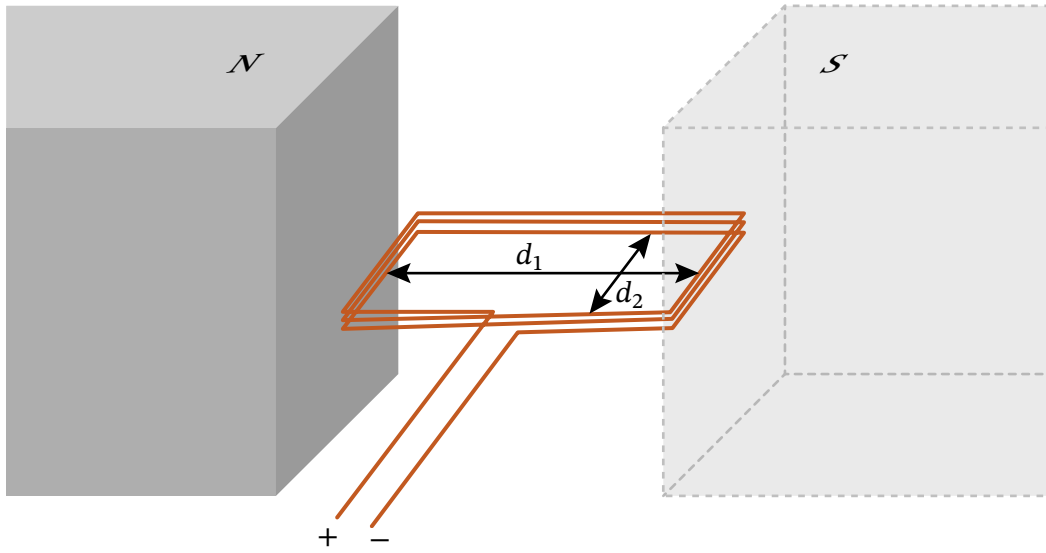
كل جزء من الملف يساهم بالقدر نفسه من القوة. إذا كان لدينا عدد N من الملفات، فإن عزم الدوران المؤثِّر على المحور يساوي:

$$\tau = BIAN.$$

نتناول الآن مثالًا يتضمَّن ملفًا مستطيلًا يحتوي على عدة لفات.

مثال ٢: حساب عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل متعدد اللفات يحمل تيارًا عند وضعه في مجال مغناطيسي

يوضِّح الشكل ملفًّا موصِّلًا مستطيلًا يتكوَّن من ثلاث لفات موضوعًا في مجال مغناطيسي. يمرُّ بالملف تيار شدته $8.5\ \text{A}$. جانبا الملف الموازيان للخط d_1 يوازيان المجال المغناطيسي، ويتعامد جانبا الملف الموازيان للخط d_2 مع المجال المغناطيسي. طول $d_1 = 0.035\ \text{m}$، وطول $d_2 = 0.025\ \text{m}$. يبلغ عزم الدوران المؤثِّر على الملف $15\ \text{mN}\cdot\text{m}$. أوجد شدة المجال المغناطيسي لأقرب ملي تسلا.



الحل

صيغة حساب عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يتكوَّن من عدة لفات ويحمل تيارًا في مجال مغناطيسي هي:

$$\tau = BIAN.$$

يمكننا إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد شدة المجال المغناطيسي، B:

$$B = \frac{\tau}{IAN}.$$

بدايةً، يمكننا حساب مساحة الملف المستطيل، A، من خلال ضرب d_1 في d_2:

$$A = d_1 \times d_2$$
$$A = 0.035\ \text{m} \times 0.025\ \text{m}$$
$$A = 0.000875\ \text{m}^2.$$

يمكن تحويل عزم الدوران في الملف إلى وحدة النظام الدولي، نيوتن متر:

$$\tau = 15\ \text{mN}\cdot\text{m} = 0.015\ \text{N}\cdot\text{m}.$$

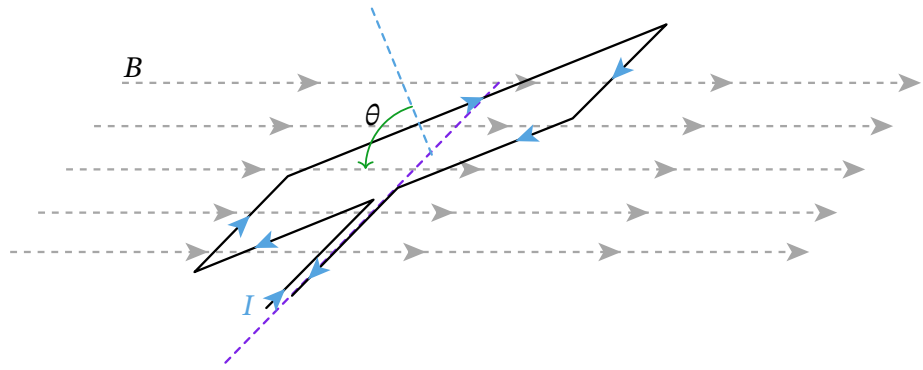
يمكن التعويض بهاتين القيمتين في معادلة شدة المجال المغناطيسي، إلى جانب القيم المُعطاة $I = 8.5\ \text{A}$ و$N = 3$:

$$B = \frac{0.015\ \text{N}\cdot\text{m}}{8.5\ \text{A} \times 0.000875\ \text{m}^2 \times 3}$$
$$B = 0.672\ \text{T}.$$

بالتقريب لأقرب مللي تسلا، هذا يساوي:

$$B = 672\ \text{mT}.$$

بعد ذلك، نتناول ما يحدث عندما يدور الملف حول المحور. نقيس الزاوية، θ، من الاتجاه العمودي على الملف (الاتجاه العمودي على المستطيل) إلى المجال المغناطيسي.

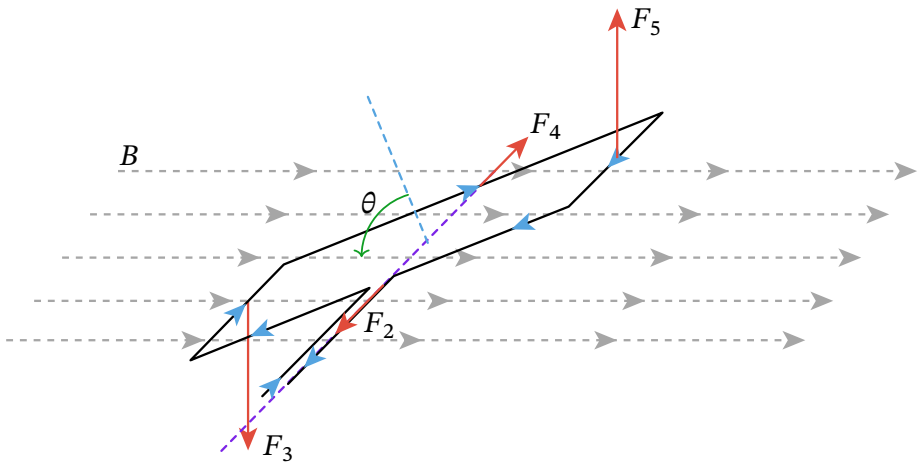


الآن، تختلف القوى المؤثِّرة على الملف.

تظل القوى المؤثِّرة على الجانبين 3 و5 كما هي، وتؤثِّر رأسيًا. بيد أن الجانبين 2 و4 ليسا موازيين للمجال المغناطيسي الآن. وهذا يعني وجود قوة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه التيار في هذين الجانبين.

هذا يعني أن القوى المؤثِّرة على هذين الجانبين من الملف تقع على محور الدوران، وفي اتجاهين متعاكسين؛ لذا لا تولِّد هذه القوى عزم دوران حول المحور.

يمكننا أن نوضِّح هذه القوى على مخطط الملف.



ونستطيع حساب عزم الدوران المؤثِّر على الملف بضرب كل قوة في المسافة العمودية على المحور. بالنسبة إلى الملف الذي يدور بزاوية θ، المسافة العمودية، x_3، من الجانب 3 إلى المحور، تُعطى بالعلاقة:

$$x_3 = \frac{-d_2}{2}\sin\theta.$$

وبالمثل، بالنسبة إلى المسافة العمودية، x_5، من الجانب 5 إلى المحور:

$$x_5 = \frac{d_2}{2}\sin\theta.$$

يمكننا استخدام هذه القيم لحساب عزم الدوران المؤثِّر على المحور:

$$\tau = F_3 x_3 + F_5 x_5.$$

بالتعويض بتعبيرات x_3 وx_5، نحصل على:

$$\tau = F_3\left(\frac{d_2}{2}\sin\theta\right) + F_5\left(\frac{-d_2}{2}\sin\theta\right).$$

وبالتعويض بالتعبيرات المعلومة لدينا $F_3 = -BId_1$ و$F_5 = BId_1$، نحصل على:

$$\tau = -BId_1\left(\frac{-d_2}{2}\sin\theta\right) - BId_1\left(\frac{d_2}{2}\sin\theta\right)$$
$$\tau = BId_1d_2\sin\theta.$$

مرة أخرى، يمكن كتابة ذلك بدلالة مساحة المستطيل، A:

$$\tau = BIA\sin\theta.$$

إذا كان لدينا عدد N من اللفات في الملف، فإن عزم الدوران يساوي:

$$\tau = BIAN \sin\theta.$$

تعريف: عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل موضوع في مجال مغناطيسي

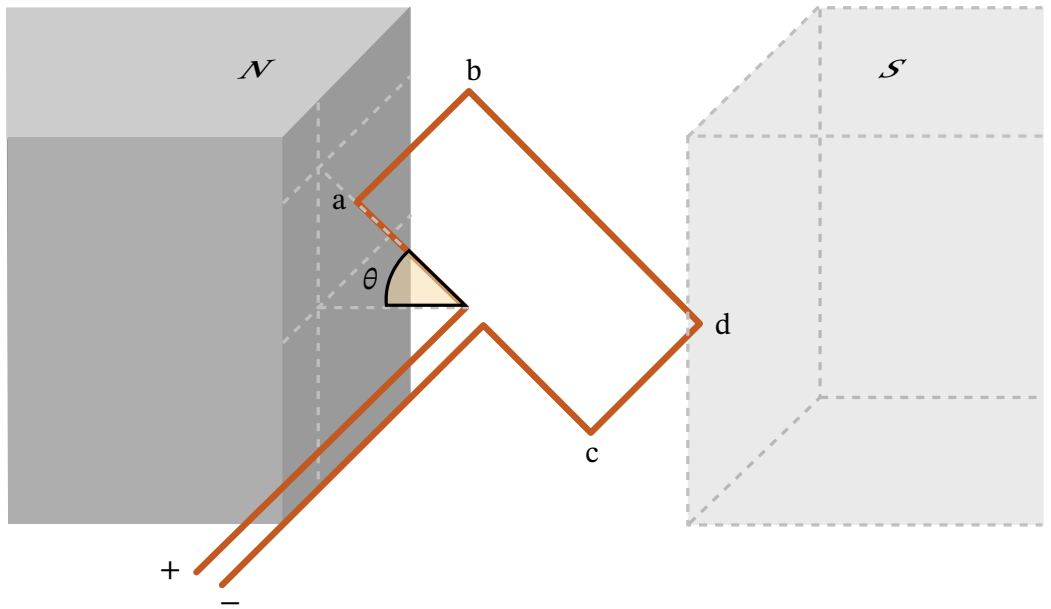
عزم الدوران، τ، المؤثِّر على ملف مستطيل مساحته A وعدد لفاته N يحمل تيارًا I وموضوع في مجال مغناطيسي شدته B ويصنع زاوية θ مع العمودي على المجال المغناطيسي، يساوي:

$$\tau = BIAN \sin\theta.$$

نتناول الآن مثالًا يصنع فيه الملف المستطيل زاوية مع المجال المغناطيسي.

مثال ٣: حساب عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي بزاوية

يوضِّح الشكل ملفًّا مستطيلًا يمُرُّ به تيار موضوع بين قطبين مغناطيسيين. جانبا الملف ab وcd عموديان على المجال المغناطيسي. يصنع قطرا الملف bc وda زاوية $\theta = 33°$ مع اتجاه المجال المغناطيسي. شدة التيار في الملف 1.75 A، وشدة المجال المغناطيسي 0.15 T. طول $\text{ac} = 0.065\ \text{m}$، وطول $\text{ab} = 0.045\ \text{m}$. أوجد عزم الدوران المؤثِّر على الملف، لأقرب ميكرو نيوتن‌متر.



الحل

المطلوب منا في هذا السؤال هو حساب عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي بزاوية.

بدايةً، يمكننا حساب مساحة المستطيل، A، من خلال ضرب طولي الضلعين، ab وca:

$$\begin{aligned} A &= \text{ab} \times \text{ac} \\ A &= 0.045\ \text{m} \times 0.065\ \text{m} \\ A &= 0.0029\ \text{m}^2. \end{aligned}$$

بعد ذلك، يمكننا حساب الزاوية، ϕ، التي يصنعها العمودي على المستطيل مع المجال المغناطيسي. الزاوية المُعطاة في السؤال، θ، هي الزاوية التي يصنعها المستطيل مع المجال المغناطيسي، إذن:

$$\begin{aligned} \phi &= 90 - \theta \\ \phi &= 90 - 33 \\ \phi &= 57^\circ. \end{aligned}$$

يمكن حساب عزم الدوران المؤثِّر على الملف باستخدام الصيغة:

$$\tau = BIA \sin \phi,$$

حيث $B = 0.15\ \text{T}$ و$I = 1.75\ \text{A}$، كما هو موضَّح في نص السؤال.

إذن:

$$\begin{aligned} \tau &= 0.15\ \text{T} \times 1.75\ \text{A} \times 0.0029\ \text{m}^2 \times \sin 57 \\ \tau &= 0.000644\ \text{N}\cdot\text{m}. \end{aligned}$$

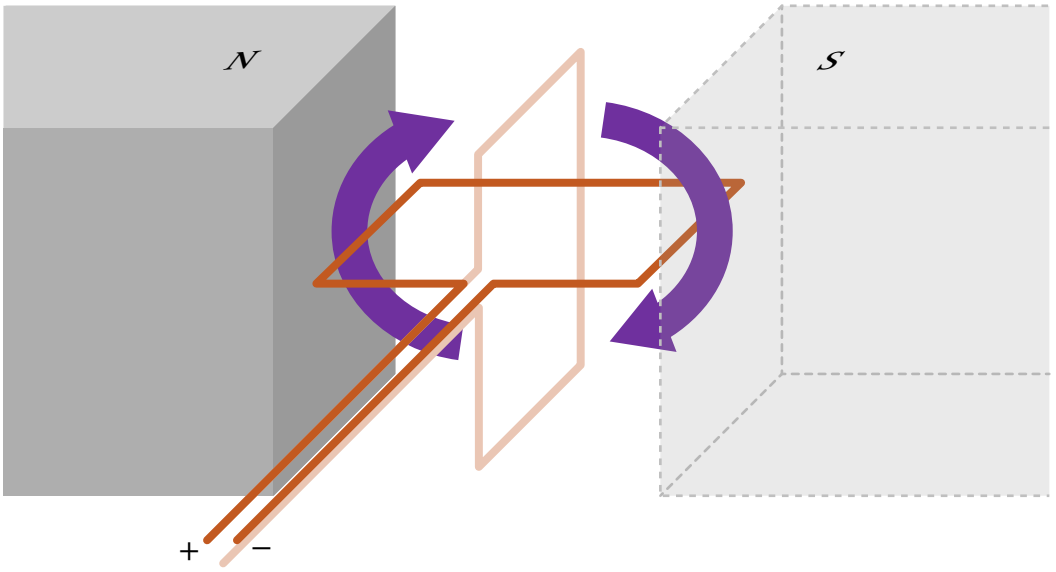
بوحدة ميكرو نيوتن‌متر، هذا يساوي:

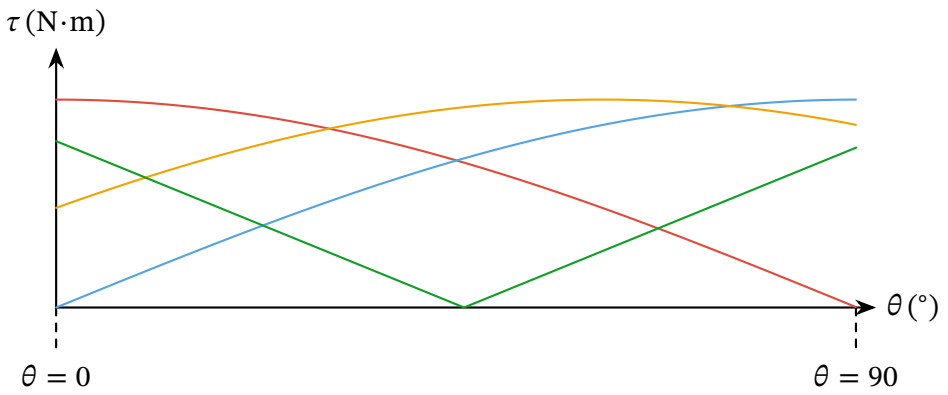
$$\tau = 644\ \mu\text{N}\cdot\text{m}.$$

نلقي الآن نظرة على سؤال يتناول كيفية تأثير زاوية الملف على عزم الدوران المؤثِّر على الملف.

مثال ٤: تأثير الزاوية على عزم الدوران المؤثِّر على ملف مستطيل يحمل تيارًا عند وضعه في مجال مغناطيسي

يوضِّح الشكل ملفًّا على شكل مستطيل يحمل تيارًا بين قطبَيْ مغناطيس. أطول ضلعين للملف يوازيان المجال المغناطيسي ابتدائيًّا، وأقصر ضلعين للملف مُتعامِدان على المجال المغناطيسي ابتدائيًّا. يدور الملف بعد ذلك 90°؛ بحيث تكون جميع أضلاعه مُتعامِدة على المجال المغناطيسي. أيٌّ من الخطوط الموضَّحة على التمثيل البياني يُمثِّل تمثيلًا صحيحًا التغيُّر في عزم الدوران الذي يؤثِّر على الملف مع تغيُّر الزاوية التي يصنعها أطول ضلعين مع اتجاه المجال المغناطيسي من 0° إلى 90°؟





أ. الأزرق

ب. الأخضر

ج. الأحمر

د. البرتقالي

هـ. ليس أيٌّ من هذه الخطوط

الحل

في هذه المسألة، علينا التفكير في عزم الدوران المؤثِّر على ملف عند تغيُّر زاوية الملف.

تذكَّر أن عزم الدوران، τ، المؤثِّر على ملف مستطيل يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي، يساوي:

$$\tau = BIA \sin \phi,$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، I شدة التيار المار بالملف، A مساحة الملف المستطيل، ϕ الزاوية التي يصنعها العمودي على المستطيل مع المجال المغناطيسي.

لكن في هذا السؤال، تُقاس الزاوية من جوانب المستطيل إلى المجال المغناطيسي. هذه الزاوية مكتوبة على الصورة θ:

$$\phi = 90 - \theta.$$

إذن، يمكن كتابة معادلة عزم الدوران على الصورة:

$$\tau = BIA \sin (90 - \theta).$$

وبالأخذ في الاعتبار أن $\sin (90 - \theta) = \cos \theta$، يمكننا كتابة ذلك على الصورة:

$$\tau = BIA \cos \theta.$$

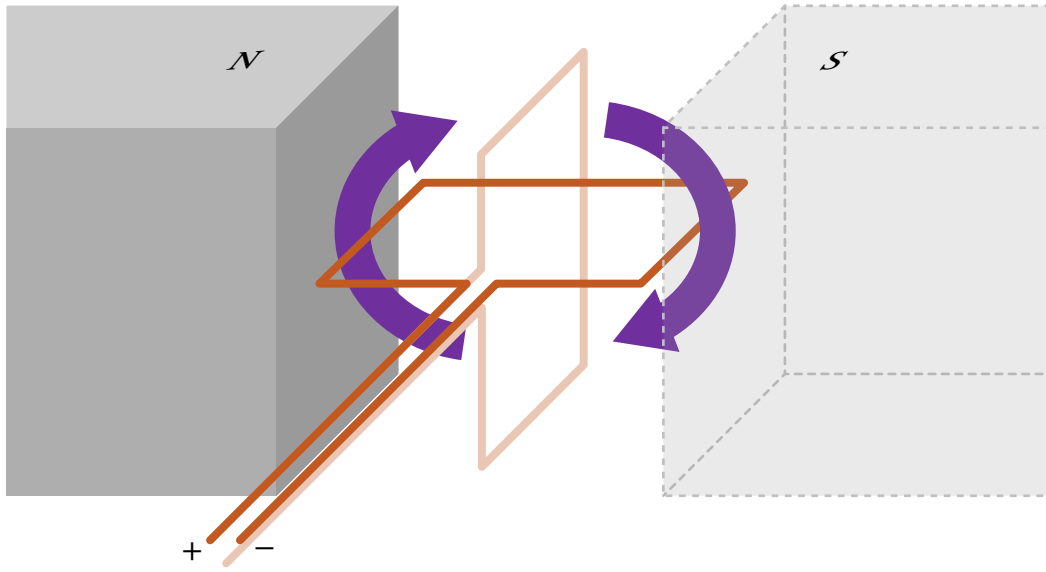
إذن عند $\theta = 0$ يكون عزم الدوران عند أقصى قيمة له، وعند $\theta = 90°$ يساوي عزم الدوران صفرًا. والخط الذي يطابق ذلك على التمثيل البياني هو الخط الأحمر.

إذن الإجابة هي الخيار (ج)، «الأحمر».

وأخيرًا، نتناول مثالًا يتضمَّن كل ما تعلَّمناه.

مثال ٥: حساب عزم الدوران المؤثِّر على ملف يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي بمعلومية عزم ثنائي القطب المغناطيسي

يوضِّح الشكل ملفًّا مستطيلًا يمرُّ به تيار موضوع بين قطبين مغناطيسيين ينتجان مجالًا شدته $250\ \text{mT}$. جانبا الملف الطويلان يوازيان المجال المغناطيسي ابتدائيًّا، وجانبا الملف القصيران يتعامدان على المجال المغناطيسي ابتدائيًّا. عزم ثنائي القطب المغناطيسي للملف يساوي $500\ \mu\text{N}\cdot\text{m/T}$. يدور الملف بعد ذلك من خلال عزم دوران خارجي بزاوية $90°$؛ بحيث تكون جميع جوانبه متعامدة على المجال المغناطيسي.



١. ما مقدار التغيُّر في عزم الدوران المؤثِّر على الملف بسبب دورانه؟ اكتب إجابتك لأقرب ميكرو نيوتن متر.

٢. عندما يزيد الملف من زاوية دورانه إلى قيم أكبر من 90°، ولكن أقل من 180°، كيف يمكن مقارنة اتجاه عزم الدوران المؤثِّر على الملف باتجاه عزم الدوران المؤثِّر عليه نتيجة المجال المغناطيسي؟

أ. اتجاه عزم الدوران المؤثِّر على الملف هو عكس اتجاه عزم الدوران المؤثِّر عليه نتيجة المجال المغناطيسي.

ب. اتجاه عزم الدوران المؤثِّر على الملف هو نفس اتجاه عزم الدوران المؤثِّر عليه نتيجة المجال المغناطيسي.

الحل

الجزء الأول

هذا الجزء من السؤال يطلب منا حساب عزم الدوران على الملف قبل وبعد الدوران بزاوية 90°.

تذكَّر أن عزم الدوران، τ، المؤثِّر على ملف يساوي:

$$\tau = BIAN \sin\theta,$$

حيث شدة المجال المغناطيسي $B = 250\ \text{mT}$، I شدة التيار الذي يحمله الملف، A مساحة الملف المستطيل، N عدد لفات الملف، θ الزاوية التي يصنعها العمودي على الملف مع المجال المغناطيسي.

قبل الدوران، كان العمودي على الملف عموديًّا على المجال المغناطيسي، إذن $\theta = 90°$. بعد دوران الملف بزاوية 90°، أصبح العمودي على الملف موازيًا للمجال المغناطيسي، إذن عزم الدوران عند هذه النقطة يساوي صفرًا.

والتغيُّر في عزم الدوران الناتج عن هذا الدوران يساوي ببساطة عزم الدوران قبل حدوث الدوران.

في هذه الحالة، مُعطى لنا عزم ثنائي القطب المغناطيسي للملف قبل الدوران وشدة المجال المغناطيسي. تذكَّر أن عزم ثنائي القطب المغناطيسي، m_d، يرتبط بعزم الدوران المؤثِّر على الملف، τ، وشدة المجال المغناطيسي، B، من خلال المعادلة الآتية:

$$m_d = \frac{\tau}{B}.$$

يمكننا إعادة ترتيب ذلك لإيجاد عزم الدوران المؤثِّر على الملف:

$$\tau = m_d B.$$

مُعطى لنا قيم $m_d = 500\ \mu\text{N}\cdot\text{m/T}$، $B = 250\ \text{mT}$. بتحويل هذه القيم إلى وحدات النظام الدولي، نحصل على:

$$\begin{aligned} m_d &= 500\ \mu\text{N}\cdot\text{m/T} \\ m_d &= 0.0005\ \text{N}\cdot\text{m/T}, \\ B &= 250\ \text{mT} \\ B &= 0.25\ \text{T}. \end{aligned}$$

يمكننا الآن حساب عزم الدوران على الملف:

$$\begin{aligned} \tau &= m_d B \\ \tau &= 0.0005\ \text{N}\cdot\text{m/T} \times 0.25\ \text{T} \\ \tau &= 0.000125\ \text{N}\cdot\text{m}. \end{aligned}$$

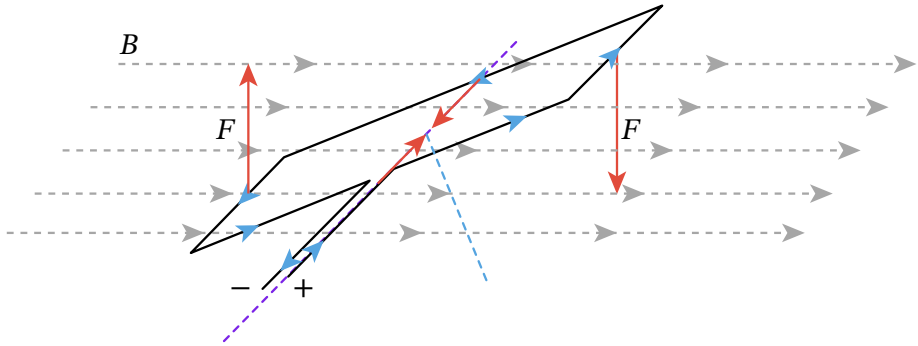
بوحدة ميكرو نيوتن‌متر، هذا يساوي:

$$\tau = 125\ \mu\text{N}\cdot\text{m}.$$

الجزء الثاني

مطلوب منا في هذا الجزء من السؤال التفكير فيما يحدث لعزم الدوران المؤثِّر على الملف عندما يدور أكثر من $90°$ من زاويته الابتدائية.

يمكننا رسم مخطط لهذا الترتيب.



كما هو موضَّح، توجد قوة تؤثِّر لأسفل على الجزء الأيمن من الملف، وتوجد قوة تؤثِّر لأعلى على الجزء الأيسر من الملف.

وهذا يعني وجود عزم مغناطيسي يؤثِّر في اتجاه عقارب الساعة على الملف عندما يدور الملف بين 90° و180°.

كما أن عزم الدوران المُطبق على الملف لكي يدور من 90° إلى 180° يؤثِّر في اتجاه عقارب الساعة أيضًا.

وهذا يعني أن اتجاه عزم الدوران المُطبق على الملف هو نفس اتجاه عزم الدوران المغناطيسي على الملف. إذن الإجابة هي الخيار (ب).

يمكننا تلخيص ما تعلَّمناه في هذا الشارح في النقاط الرئيسية الآتية.

النقاط الرئيسية

- عزم ثنائي القطب المغناطيسي، m_d، لملف يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي يساوي عزم الدوران المؤثِّر على الملف، τ، مقسومًا على شدة المجال المغناطيسي، B:

$$m_d = \frac{\tau}{B}.$$

- عزم الدوران، τ، المؤثِّر على ملف مستطيل مساحته A، يحمل تيارًا I، وموضوع في مجال مغناطيسي شدته B، عندما يكون الملف موازيًا للمجال المغناطيسي، يساوي:

$$\tau = BIA.$$

- عندما يتكوَّن الملف المستطيل من عدد N من اللفات، فإن عزم الدوران المؤثِّر على الملف يساوي:

$$\tau = BIAN.$$

- إذا كان العمودي على الملف يصنع زاوية θ مع المجال المغناطيسي، فإن عزم الدوران المؤثِّر على الملف يساوي:

$$\tau = BIAN \sin\theta.$$