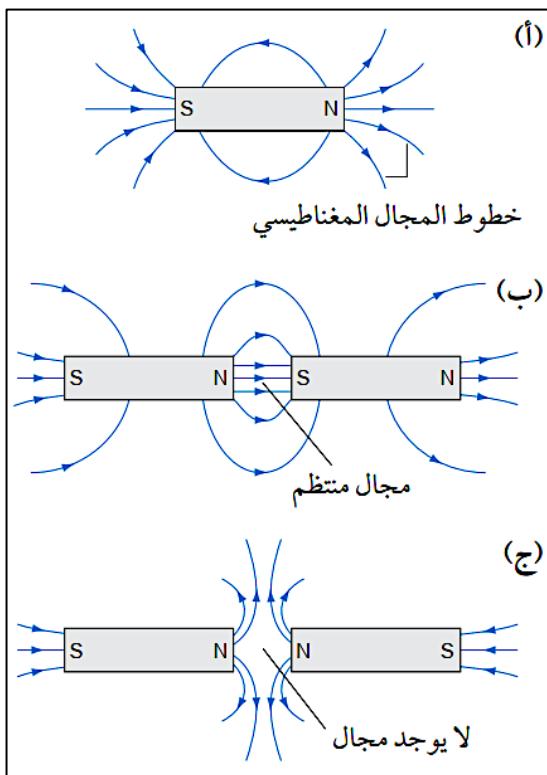


الوحدة الخامسة

# المغناطيسية والث الكهرومغناطيسي

## ١-٥ توليد المجالات المغناطيسية وتمثيلها



- يمكن توليد مجال مغناطيسي بطرقتين:

1. استخدام مغناطيس دائم.

2. عن طريق شحنات كهربائية متحركة (الكهرومغناطيسية).

- مثل أنماط المجال المغناطيسي بواسطة خطوط وخصائصها هي:

1. يكون المجال أقوى كلما كانت خطوط المجال متقاربة.

2. تخرج خطوط المجال من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي.

3. اتجاه خط المجال في أي نقطة في المجال يُظهر اتجاه القوة المؤثرة على قطب مغناطيسي شمالي «حر» عند تلك النقطة.

- يمكن إظهار أنماط المجال المغناطيسي باستخدام برادة حديد أو بوصلة.

- تختلف أنماط المجال المغناطيسي لمغناطيس كهربائي حسب شكل الموصل الذي يتتدفق فيه التيار الكهربائي. انظر الشكل التالي.

### المجال المغناطيسي الكهربائي

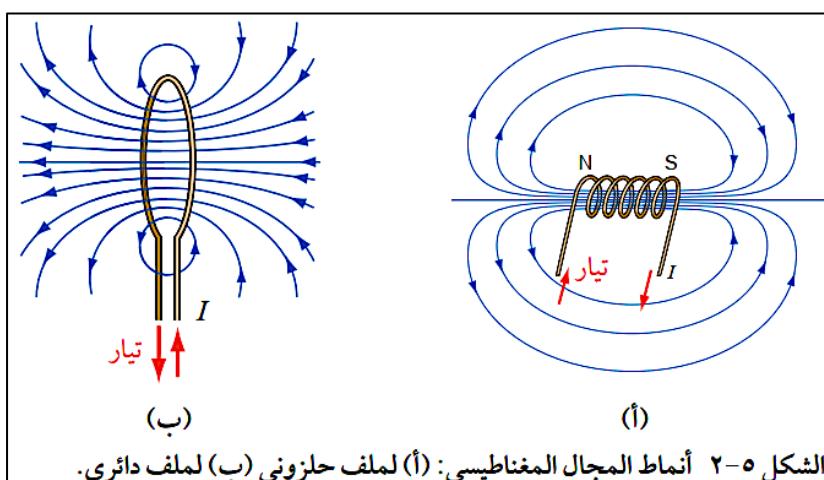
- نُط المجال لكل من الملف الحلزوني والم دائري مشابه ل المجال قضيب مغناطيسي، حيث تخرج الخطوط من القطب الشمالي وتعود إلى الجنوبي.

- يمكن زيادة شدة المجال المغناطيسي للملف الحلزوني بواسطة:

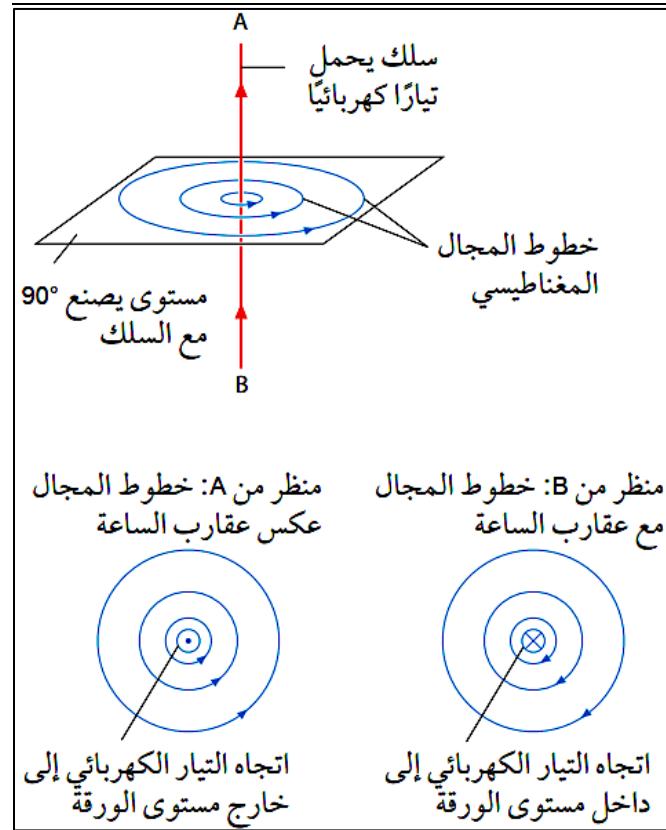
1. إضافة قلب مصنوع من مادة غنية بالحديد لكي يتعنط ويُنتج مجالاً مغناطيسياً أقوى.

2. زيادة عدد لفاته.

3. زيادة شدة التيار الكهربائي المتدايق فيه.



الشكل ٢-٥ أنماط المجال المغناطيسي: (أ) ل ملف حلزوني (ب) ل ملف دائري.



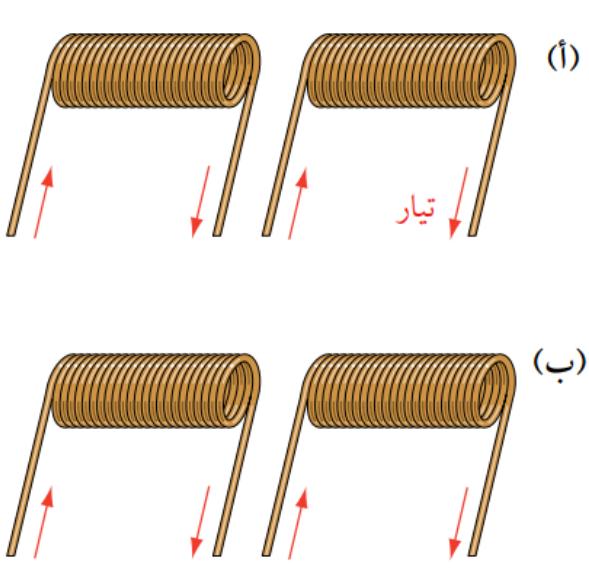
- خطوط المجال المغناطيسي لسلك مستقيم يمر به تيار:
- دائرة وتمرّكز حول السلك،
- وتتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن السلك، حيث يصبح المجال المغناطيسي أضعف.
- عند عكس اتجاه التيار الكهربائي ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي.

**كيف تنشأ جميع المجالات المغناطيسية؟**

**الإجابة:** بواسطة شحنات متحركة.

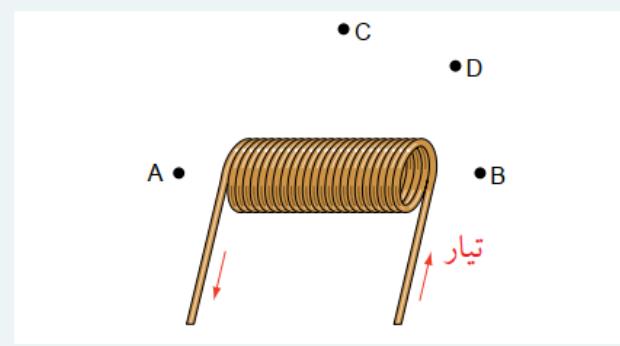
- كإلكترونات المتحركة في السلك الفلزي من طرف إلى آخر.
- وأيضاً الإلكترونات المتحركة حول الأنوية في ذرات المغناطيس الدائم، حيث يمثل كل إلكترون تياراً كهربائياً صغيراً فائضاً بمحالاته المغناطيسية الضعيفة لتكون مجالاً مغناطيسيّاً قوياً.
- أما في المواد غير المغناطيسية فتلغى تلك المجالات المغناطيسية بعضها.

٣ حدّد زوج المغناطيسات الكهربائية المبيّنة في الشكل ٦-٥ التي تجذب بعضها بعضًا، وتلك التي تتناول.



الشكل ٦-٥ زوجان من الملفات الحلزونية.

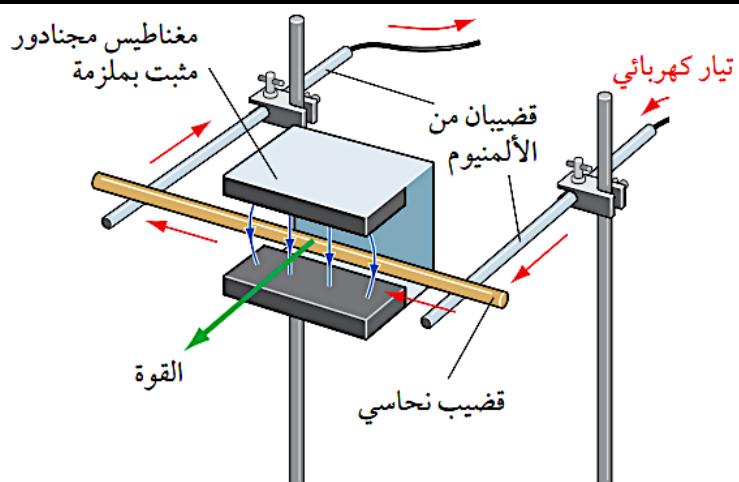
- ① ارسم نمط المجال المغناطيسي لسلك طويل مستقيم يحمل تياراً كهربائياً، وبجانب الرسم ارسم مخططًا ثانياً لتبيّن نمط المجال المغناطيسي إذا تضاعفت شدة التيار الكهربائي المتدايق وعُكّس اتجاهه. فكيف يمكن أن يُظهر النمط أن المجال المغناطيسي أقوى بالقرب من السلك؟
- ② انسخ الشكل ٥-٥، وسمِّ القطبين الشمالي والجنوبي للمغناطيس الكهربائي. بين على المخطط الذي رسمته اتجاه المجال المغناطيسي في كل من المواقع A و B و C و D.



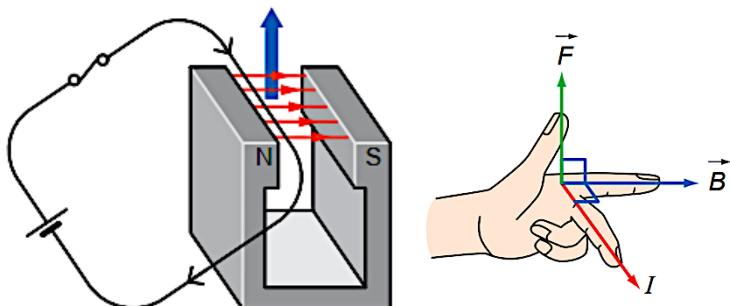
الشكل ٥-٥ ملف حلزوني يحمل تياراً كهربائياً.

## ٢-٥ القوة المغناطيسية

### تأثير المرك



تحريك السلك إلى الأعلى



- عند وضع موصل يمر به تيار كهربائي في مجال مغناطيسي تولـد قوة كهرومغناطيسية تؤثر على السلك فتـحركه في اتجاهها.

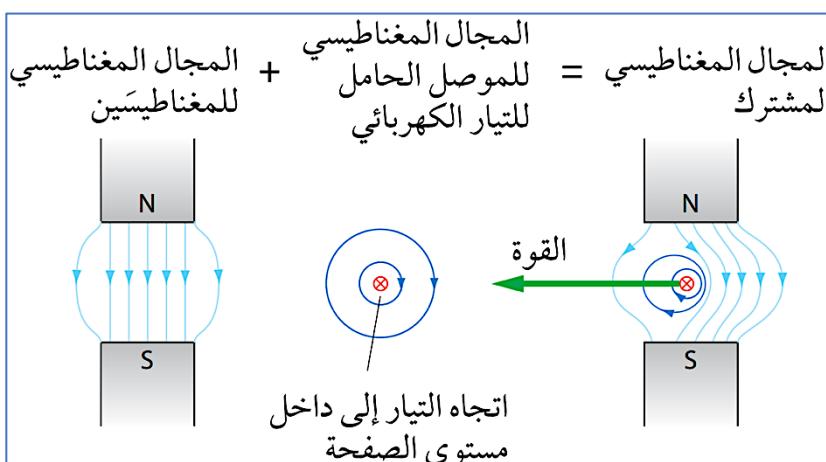
- يمكننا معرفة اتجاه تلك القوة باستخدام قاعدة فلمنج لليد اليسرى (قاعدة المرك).

- قاعدة فلمنج لليد اليسرى (انظر الشكلين): عندما تشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسي، والوسطى إلى اتجاه التيار الكهربائي، فإن: إبهام تشير إلى اتجاه القوة.

### شرح القوة المغناطيسية

يتـفاعل المجال المغناطيسي الدائم مع المجال المغناطيسـي للموصل فيـنـتـحـا مجالـا مشـترـكا (انظر الشـكـل المـقـابـل).

تنـتـجـ قـوـةـ كـهـرـوـمـغـنـاطـيـسـيـةـ لـأـنـ المـجالـ المشـترـكـ يـكـونـ أـشـدـ فيـ إـحـدـيـ جـهـتـيـ السـلـكـ مـنـهـ فيـ الجـهـةـ الـأـخـرـيـ.



## ٣-٥ كثافة الفيصل المغناطيسي (B) عند نقطة

هي القوة المؤثرة لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي عند تلك النقطة.  
هي القوة المؤثرة على سلك طوله 1 m ويحمل تياراً كهربائياً شدته A 1 عمودي على المجال المغناطيسي عند تلك النقطة.

- وأحياناً تسمى: شدة المجال المغناطيسي.
- تكون أكبر بالقرب من قطب قضيب المغناطيس، وتقل كلما ابتعدت عنه.
- يمكنك تخيل أن هذه الكمية تمثل عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر خلال سطح مساحته 1 m<sup>2</sup>.
- وحدة قياس كثافة الفيصل هيTesla (T) وهي تكافئ N A<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>.

معادلة كثافة الفيصل المغناطيسي إذا كان السلك عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي:

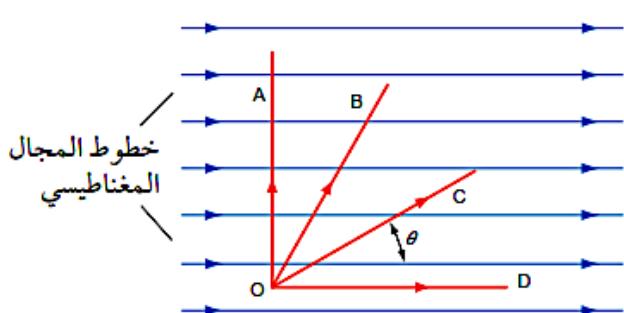
$$F = BIL$$

- حيث (F) هي القوة المؤثرة على السلك و(L) هي طول الموصى و(I) هي شدة التيار المار به.

إذا لم يكن السلك عمودياً (أي أن هناك زاوية  $\theta$  بين السلك واتجاه خطوط المجال المغناطيسي):

$$F = BIL \sin\theta$$

- تلاحظ من هذه المعادلة أن مقدار القوة المغناطيسية يزداد كلما زادت الزاوية ( $\theta$ ).

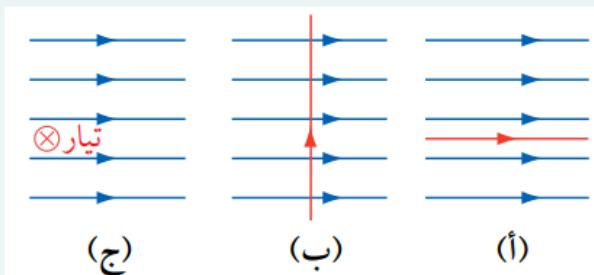


- ٥ يتداوى تيار كهربائي شدته (0.20 A) في سلك طوله (2.50 m) موضوع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيصله (0.060 T). احسب القوة المؤثرة على السلك.

- ٦ وضع سلك طوله (20 cm) بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي، وتوثر على السلك قوة مقدارها (0.015 N) عندما يتداوى فيه تيار كهربائي شدته (1.5 A). احسب كثافة الفيصل المغناطيسي.

- ٧ سلك طوله (50 cm) ويحمل تياراً كهربائياً موضوعاً بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيصله (5.0 mT).  
أ. إذا عبر  $10^{18}$  إلكتروناً من نقطة ما في السلك كل ثانية،  
فما شدة التيار الكهربائي المتداوى؟  
(شحنة إلكترون:  $C = 1.60 \times 10^{-19} C$ ).  
ب. احسب القوة المؤثرة على السلك.

- ٤ يبيّن الشكل ١١-٥ ثلاثة موصلات حاملة لتيار كهربائي موضوعة في مجالات مغناطيسية. حدد لكل موصل ما إذا كانت هناك قوة مغناطيسية تؤثر عليه. وإذا كان هناك قوة، ففي أي اتجاه ستؤثر؟ لاحظ أن إشارة التقاطع (×) داخل دائرة تبيّن أن اتجاه التيار الكهربائي إلى داخل مستوى الورقة.



الشكل ١١-٥ ثلاثة موصلات موضوعة في مجال مغناطيسي.

**مثال**

**الخطوة ٢:** اكتب المعادلة وعوّض القيم وقم بحلّها:

$$F = BIL \sin\theta$$

$$= 0.050 \times 0.40 \times 0.20 \times \sin 25^\circ$$

$$\approx 1.7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

**الخطوة ٣:** حدد اتجاه القوة:

تصنع القوة زاوية  $90^\circ$  على كل من المجال المغناطيسي والتيار الكهربائي، أي عموديًّا على الصفحة، وتبيّن قاعدة اليد اليسرى أنها تؤثّر إلى داخل مستوى الورقة.

٢. الموصل في الوضعية  $OC$  (انظر الشكل ١٩-٥) طوله  $0.20 \text{ m}$  و موضوع بزاوية  $\theta$  مقدارها  $25^\circ$  مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه  $T$  (٠.٠٥٠). احسب القوة المؤثرة على الموصل عندما يحمل تيارًا كهربائيًّا شدته (٤٠٠ mA).

**الخطوة ١:** اكتب ما تعرفه وما تريد أن تعرفه:

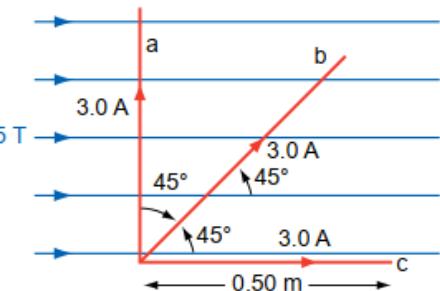
$$I = 400 \text{ mA} = 0.40 \text{ A} \quad \text{و} \quad B = 0.050 \text{ T}$$

$$\theta = 25^\circ \quad \text{و} \quad L = 0.20 \text{ m}$$

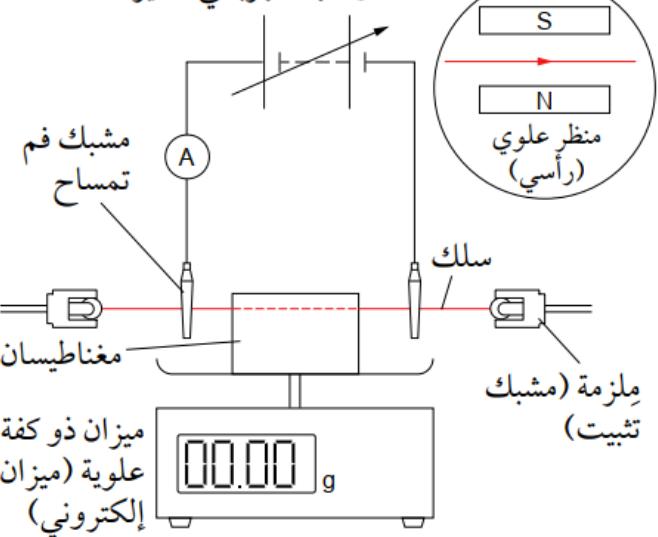
$$F = ?$$

**سؤال**

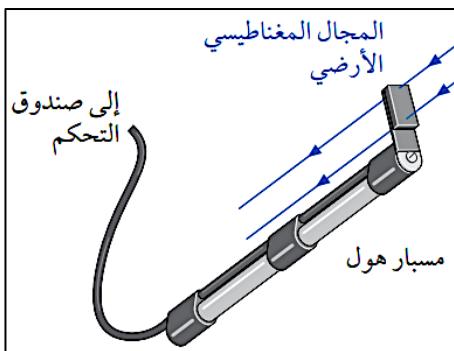
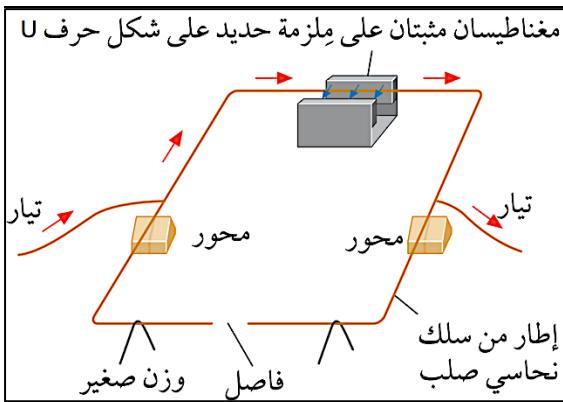
١٢ ما مقدار القوة المؤثرة على سلك يمر فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم عند ثلاثة مواضع مختلفة: a, b, c (الشكل ٢٠-٥)؟ حدد اتجاه القوة في كل موضع.



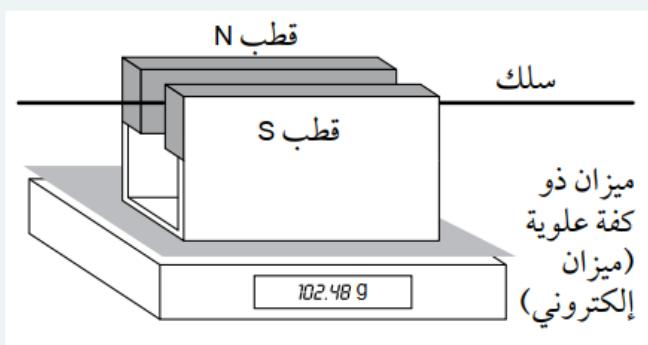
مصدر جهد كهربائي متغير

**قياس كثافة الفيض المغناطيسي بالميزان التياري**

- عندما لا يمر تيار كهربائي في السلك، لا تتولد قوة تؤثر عليه وبالتالي لا يسجل الميزان أي قراءة.
- عندما يتدفق تيار كهربائي في السلك، تتولد قوة تؤثر عليه نحو الأعلى، ولكن لأن السلك مثبت، فإنه وفقاً لقانون نيوتن الثالث، سيتأثر المغناطيسان بقوة نحو الأسفل، فتظهر قراءة على شاشة الميزان (m).
- نحصل على مقدار القوة المغناطيسية من ( $F = mg$ ).
- والآن نحصل على كثافة الفيض من العلاقة ( $F = BIL$ ).



٩ تغيير قراءة الميزان في التركيب المبين في الشكل ١٦-٥ من (g) إلى (104.48) عند مرور التيار الكهربائي. اشرح سبب حدوث ذلك، وحدد مقدار القوة المؤثرة على السلك واتجاهها عند مرور التيار الكهربائي. ما اتجاه التيار الكهربائي المار في السلك؟



الشكل ١٦-٥ استخدام ميزان إلكتروني.

**قياس كثافة الفيصل المغناطيسي باستخدام أوزان صغيرة**

- عندما يمر تيار بالإطار فإنه يندفع على داخل المغناطيسين،
- تعلق أوزان صغيرة في طرفه الآخر لإعادته إلى اتزانه،
- عندئذ تكون القوة المؤثرة عليه مساوية لمجموع الأوزان الصغيرة.

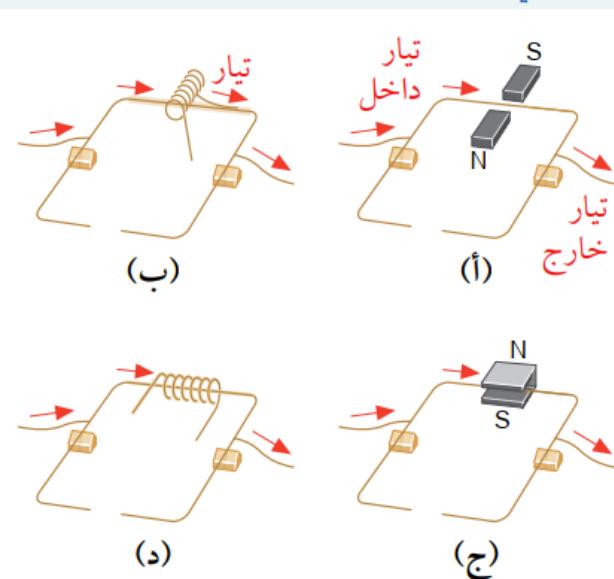
### قياس كثافة الفيصل المغناطيسي بتسلاميتر (مسبار هول)

- يمسك المسبار بحيث يكون وجهه المسطح عموديا على خطوط المجال المغناطيسي، سيعطي الجهاز قراءة لقيمة كثافة الفيصل المغناطيسي.
- التوجيه غير الصحيح للمسبار يعطي قراءة أقل من الصحيحة. ش

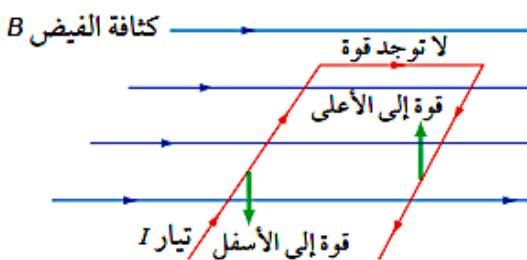
### قياس كثافة الفيصل المغناطيسي الأرضي بمسبار هول

- يمسك المسبار أولاً بحيث تعبر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي مباشرة من خلاله، ليعطي قيمة قصوى موجبة،
- ثم يدور المسبار بزاوية  $180^\circ$  بحيث تعبر خطوط المجال المغناطيسي من خلاله بالاتجاه المعاكس، ليعطي قيمة قصوى سالبة،
- التغير في قراءة المقياس في المرتين يساوي ضعف كثافة الفيصل المغناطيسي الأرضي.

٨ في الأمثلة المبينة في الشكل ١٥-٥، أي ميزان تياري سيميل؟ وإلى أي اتجاه سيميل الجانب الذي يحمل التيار الكهربائي؟



## ٤-٥ المزيد عن القوى على الموصلات الحاملة لتيار كهربائي



تذكر أن القوة المغناطيسية تؤثر على موصل حامل لتيار موضوع في مجال فقط عندما يقطع التيار الكهربائي خطوط المجال المغناطيسي. لذا لن تتولد قوة مغناطيسية في موصل حامل لتيار موضوع في مجال إذا كان التيار موازياً لخطوط المجال المغناطيسي.

### مثال (إرشادي)

**الخطوة ٢:** يمكننا الآن حساب القوة على أحد جوانب الملف باستخدام المعادلة:

$$F = BIL$$

$$= 0.10 \times 2.0 \times 0.05 = 0.01 \text{ N}$$

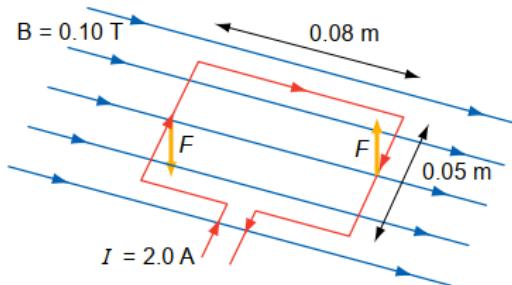
**الخطوة ٣:** القوّتان على جانبي الملف المتقابلين متساويتان في المقدار ومتوازيتان باتجاهين متعاكسيّن. وبكلمات أخرى، فإنّهما يشكلان ازدواجاً. إن الازدواج (عزم الدوران) لزوج القوى يساوي مقدار إحدى القوّتين مضروبة في المسافة العمودية بينهما. يفصل بين القوّتين مسافة (0.08 m)، لذلك:

عزم الازدواج = القوة × المسافة العمودية

الفاصلة بين القوّتين

$$= 0.01 \times 0.08 = 8.0 \times 10^{-4} \text{ N m}$$

١. يحتوي محرك كهربائي على ملف مستطيل من سلك بالأبعاد المبينة في الشكل ١٦-٥. وضع الملف في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.10 T) وشدة التيار الكهربائي في الحلقة (2.0 A). احسب الازدواج (عزم الدوران) الذي يؤثر على الملف في الوضع المبين في الشكل ١٨-٥.



الشكل ١٨-٥ محرك كهربائي بسيط - ملف حامل لتيار كهربائي في مجال مغناطيسي.

**الخطوة ١:** الكميات التي نعرفها هي:

$$L = 0.05 \text{ m} \quad I = 2.0 \text{ A} \quad B = 0.10 \text{ T}$$

وموضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.05 T).

أ. احسب أقصى قوة تؤثر على كل ضلع في الملف.

ب. في أي وضعية يجب أن يكون الملف لكي يكون لهذه القوة أكبر عزم دوراني؟

١٠ سلك طوله (50 cm) يحمل تياراً كهربائياً شدته (2.4 A)، وموضع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه (5.0 mT). احسب القوة المؤثرة على السلك.

١١ يتكون ملف مربع الشكل طول ضلعه (20 cm) لمحرك كهربائي من 200 لفة ويحمل تياراً كهربائياً شدته (1.0 A)

## ٥-٥ الحث الكهرومغناطيسي

### تجربة (١)

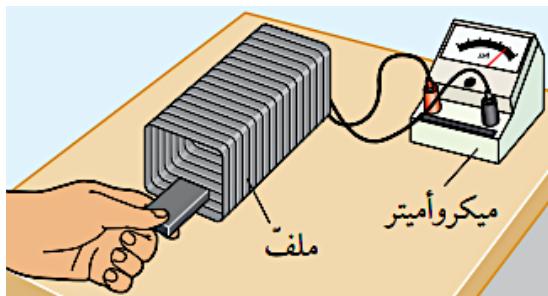


1. صل محرك كهربائيا بفولتميتر كما هو موضح بالشكل.
2. دور المحرك الكهربائي بسرعات مختلفة.
3. اعكس اتجاه التدوير

#### الملاحظات:

1. يتحرك مؤشر الفولتميتر، ويزداد مدى حركته بزيادة سرعة التدوير.
2. يغير مؤشر الفولتميتر اتجاهه عند عكس اتجاه التدوير.

### تجربة (٢)

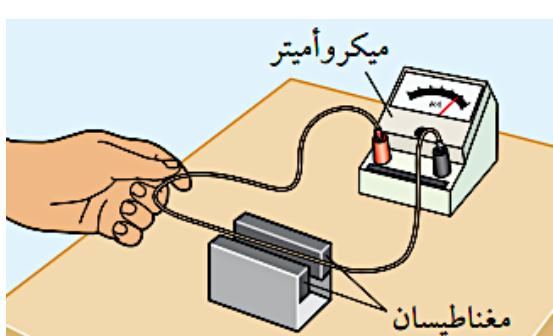


1. صل ملفا بميكروميترا حساس كما هو موضح بالشكل.
2. حرك مغناطيسا إلى داخل وخارج الملف بسرعات مختلفة.
3. استبدل المغناطيس باخر أضعف منه وكرر المحاولة.
4. اعكس قطبي المغناطيس وكرر المحاولة.

#### الملاحظات:

1. يتحرك مؤشر الأميتر، ويزداد مدى حركته في الحالتين التاليتين:
  - عند زيادة سرعة تحريك المغناطيس.
  - عند استخدام مغناطيس أقوى.
2. يغير مؤشر الأميتر اتجاهه عند عكس اتجاه الحركة وعند عكس قطبي المغناطيس.

### تجربة (٣)



1. صل سلكا طويلا بميكروميترا حساس كما هو موضح بالشكل.
2. حرك الجزء الأوسط من السلك إلى أعلى وإلى أسفل عبر المجال المغناطيسي.
3. ضاعف طول الجزء من السلك الذي يقطع خطوط المجال المغناطيسي وكرر المحاولة.

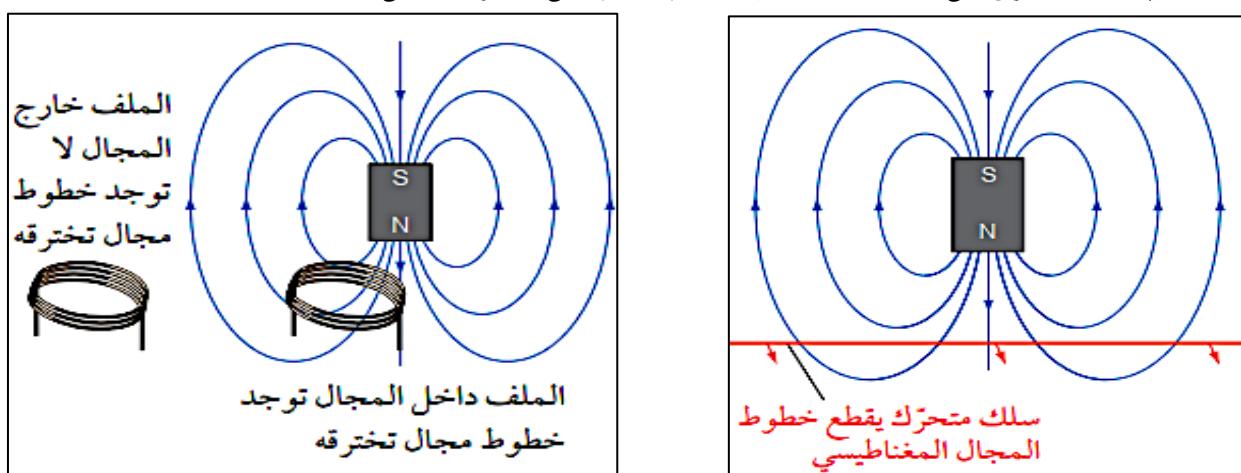
**الملاحظة:** يتحرك مؤشر الأميتر، ويزداد مدى حركته عدد زيادة طول الجزء من الموصى الذي يقطع خطوط المجال المغناطيسي.

## العامل المؤثر على القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

1. مقدار كثافة الفيصل المغناطيسي
2. سرعة التحريك عبر المجال المغناطيسي
3. طول السلك في المجال
4. مساحة المقطع العرضي للملف
5. معدل دوران الملف في المجال
6. الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي
7. عدد لفات سلك الملف

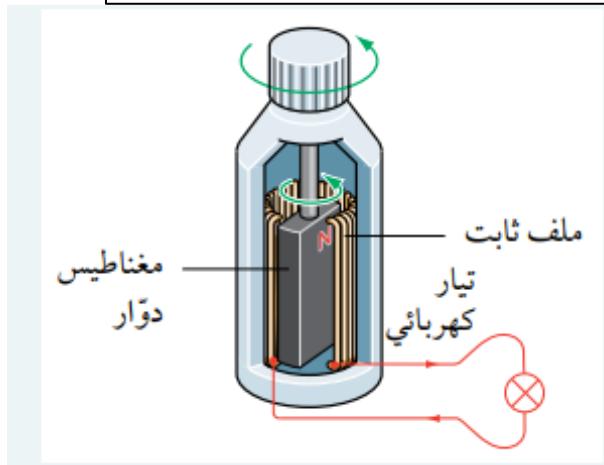
## تفسير الحث الكهرومغناطيسي

- قطع خطوط المجال المغناطيسي بواسطة موصل هو التأثير الذي يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الموصل.
- لا يهم إن كان القطع بسبب تحريك المغناطيس أو تحريك الموصل.
- في حالة الملف:
- يجب أن يسبب التحريك تغيراً في عدد خطوط المجال التي تعبر خلال الملف.
- التأثير للملف مكون من عدد  $N$  لفة، أكبر بقدر  $N$  مرة من لفة واحدة من السلك.



١٣

استخدم فكرة قطع موصى لخطوط المجال المغناطيسي لشرح كيفية توليد تيار كهربائي بواسطة قوة دافعة كهربائية مستحثة في مولد الدراجة (الشكل ٢٦-٥).



## تحديد اتجاه التيار الكهربائي المستحدث

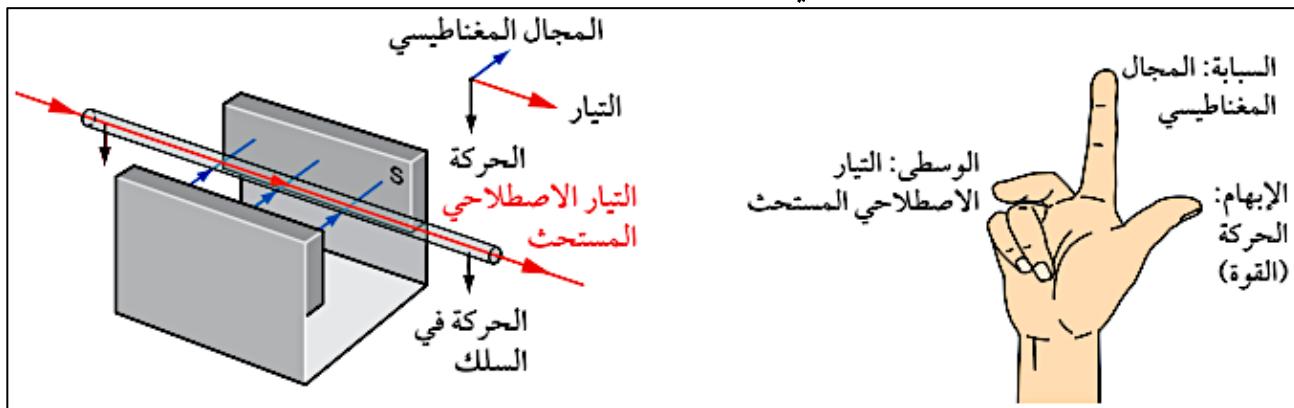
### قاعدة اليد اليمنى لفليمنج:

عندما يتحرك موصل بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي فإن:

- الإيهام: يشير إلى اتجاه القوة (الحركة)

- السبابة: تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي

- الوسطى: تشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المستحدث



لاحظ أن اتجاه التيار الاصطلاحي يكون داخل الموصل من الطرف السالب إلى الطرف الموجب، وهذا بالفعل هو نفس اتجاه التيار الاصطلاحي داخل البطارية.

## القوة الدافعة الكهربائية المستحدثة

- بتحريك السلك إلى أسفل كما بالشكل المقابل تكون قد حركنا كل إلكترون حر فيه إلى أسفل، أي أنها تكون قد أنسأتا تياراً كهربائياً اصطلاحياً متوجهاً إلى أعلى، وبنطبيق قاعدة فليمنج لليد اليسرى على هذا إلكترون نجد أن القوة المتولدة ستؤثر عليه باتجاه اليسار، فنكون بذلك قد ولدنا تياراً كهربائياً مستحدثاً في السلك.

- عندما لا يكون الموصل جزءاً من دائرة كاملة، فإن الشحنة السالبة ستترآك على أحد طرفي الموصل، تاركة الطرف الآخر مشحوناً بشحنة موجبة، وبالتالي تكون قد حصلنا على قوة دافعة كهربائية مستحدثة.

- مصطلح "قوة دافعة كهربائية" صحيح هنا؛ لأنه من خلال دفع السلك عبر المجال المغناطيسي يبذل شغل، ويتحول هذا الشغل إلى طاقة وضع كهربائية. فعند توصيل طرفي هذا الموصل في دائرة مغلقة يتتدفق تيار كهربائي مما يدل على وجود قوة دافعة كهربائية، أي مصدر للطاقة الكهربائية.

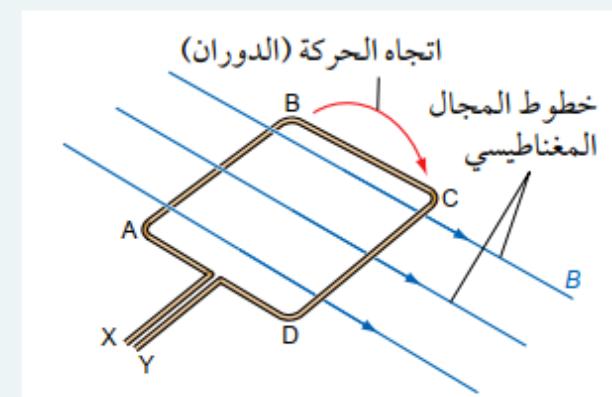
**أثبت أن مقدار القوة المؤثرة على إلكترون يتحرك عمودياً على خطوط مجال مغناطيسي بسرعة ( $v$ ) يحسب من العلاقة ( $F = Bev$ ).**

$$F = BIL = \frac{BeL}{t}, \quad \frac{L}{t} = v \quad \therefore F = Bev$$

- ١٤ يدور الملف في الشكل ٣٠-٥ في مجال مغناطيسي متزامن.
- ١٥ عندما تطير طائرة من الشرق إلى الغرب، فإن أجنبتها تكون عبارة عن موصل كهربائي يقطع الفيض المغناطيسي الأرضي. حدد أي طرف جناح (الأيسر أم الأيمن) في نصف الكرة الأرضية الشمالي سيصبح موجباً.
- ما الذي سيحدث لطرف الجناح هذا في نصف الكرة الأرضية الجنوبي؟ أشرح ذلك.

حدّد اتجاه التيار الكهربائي الناتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الضلعين AB و CD.

اذكر أي طرف X أو Y سيصبح موجباً.

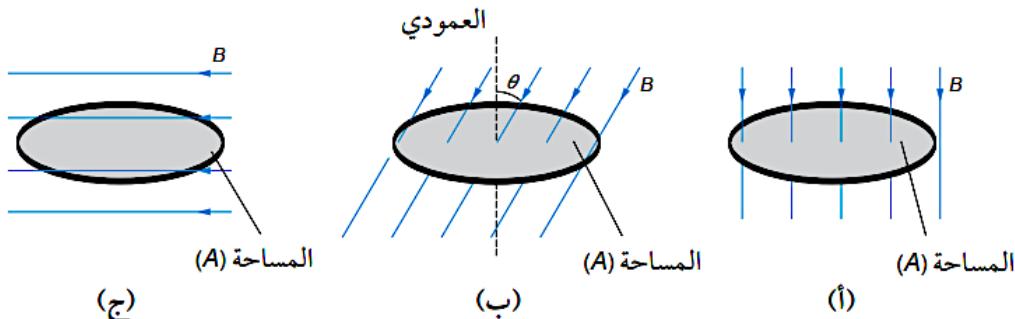


### الفيض المغناطيسي والمفيض المغناطيسي الكلي

- تذكر: يمكننا تمثيل كثافة الفيض المغناطيسي (B) بعدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر عبر سطح مساحته  $1 \text{ m}^2$ .
- ويمكننا تمثيل المفيض المغناطيسي ( $\phi$ ) بالعدد الكلي لخطوط المجال المغناطيسي التي تمر عبر مساحة مقطع الموصى (A).
- وعليه: فالـ **المفيض المغناطيسي** يساوي حاصل ضرب كثافة الفيض المغناطيسي في مساحة المقطع العرضي العمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي.

وبشكل عام إذا كانت خطوط المجال تصنع زاوية ( $\theta$ ) مع العمود المقام على المساحة فإن المفيض المغناطيسي يساوي:

$$\phi = BA\cos\theta$$



- لاحظ أنه إذا كانت عندما تكون  $90^\circ = \theta$  فإن  $\phi = 0$  وعندما تكون  $0^\circ = \theta$  فإن  $\phi = BA$ .
- وحدة قياس المفيض المغناطيسي تسمى وير (Wb) وهي تكافئ ( $\text{Tm}^2$ ).
- من هذا القانون نستنتج أن هناك ثلاثة طرق تغيير الفيض المغناطيسي لكي تستحب القوة الدافعة الكهربائية وهي:
  - (١) تغيير كثافة الفيض المغناطيسي (B)
  - (٢) تغيير مساحة المقطع العرضي (A) للملف
  - (٣) تغيير الزاوية ( $\theta$ )
- المفيض المغناطيسي الكلي يساوي حاصل ضرب المفيض المغناطيسي ( $\phi$ ) ملف ما في عدد اللفات (N). أي أنه يساوي:

$$N\phi = NB\cos\theta$$

الخطوة ١: لدينا:

$$A = 0.10 \text{ m}^2 \quad B = 2.0 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\text{لفة} = 250 \quad N = 250$$

لذلك يمكننا حساب  $\Phi$ :

$$\Phi = BA = 2.0 \times 10^{-3} \times 0.10 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

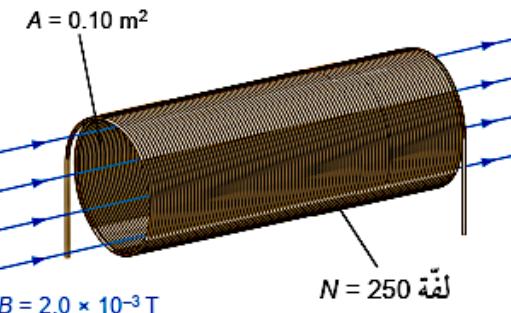
الخطوة ٢: الآن احسب الفيصل المغناطيسي الكلي.

الفيصل المغناطيسي الكلي:

$$= N\Phi$$

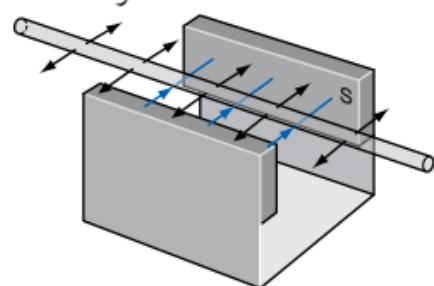
$$= 2.0 \times 10^{-4} \times 250 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

٣. يبيّن الشكل ٣٢-٥ ملفاً حلزونياً مساحة مقطعه العرضي ( $0.10 \text{ m}^2$ ). يخترقه مجال مغناطيسي كثافة فيضه المغناطيسي ( $2.0 \times 10^{-3} \text{ T}$ ) وعدد لفاته ٢٥٠ لفة. جد الفيصل المغناطيسي والفيصل المغناطيسي الكلي لهذا الملف الحلزوني.



الشكل ٣٢-٥ ملف حلزوني في مجال مغناطيسي.

حركة السلك

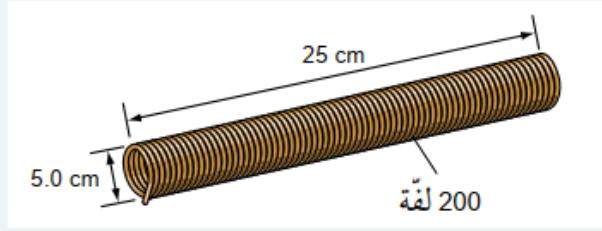


الشكل ٣٣-٥ يُحرّك السلك أفقياً في مجال مغناطيسي أفقى.

١٦ استخدم فكرة الفيصل المغناطيسي الكلي لشرح أنه عندما يُحرّك مغناطيس داخل ملف، فإن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تعتمد على شدة المجال المغناطيسي والسرعة التي يتحرك بها.

١٧ في تجربة لاستقصاء العوامل التي تؤثر على مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة، يحرّك طالب سلكاً إلى الأمام وإلى الخلف بين مغناطيسين، كما هو مبيّن في الشكل ٣٢-٥. اذكر السبب في أن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بهذه الطريقة تكون صفرًا.

- ٢٠ ملف حلزوني قطره (5.0 cm) وطوله (25 cm) وعدد لفاته 200 لفة (الشكل ٣٤-٥) يمر به تيار كهربائي شدته (2.0 A) ينشئ مجالاً مغناطيسيّاً منتظمًا كثافة فيضه ( $T = 2.0 \times 10^{-3}$ ) عبر قلب الملف الحلزوني.



الشكل ٣٤-٥ ملف حلزوني.

- أ. احسب الفيض المغناطيسي الكلي للملف الحلزوني.  
ب. إذا علمت أن قطر الملف الحلزوني (5.0  $\pm$  0.2) cm، فحدد قيمة عدم اليقين المطلق في القيمة المحسوبة في الجزئية (أ). افترض أن قيمة عدم اليقين في كل الكميات الأخرى مهملة.

- ٢١ ملف مستطيل أبعاده (5.0 cm  $\times$  7.5 cm)، وعدد لفاته 120 لفة موضوع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه (1.2 T). احسب الفيض المغناطيسي الكلي لهذا الملف.

- ١٨ يُصنع مغناطيس كهربائي كبير للدوران داخل ملف ثابت في مولد موجود في محطة لإنتاج الطاقة الكهربائية (الصورة ٣-٥). استُحدث في مولد المحطة قوة دافعة كهربائية متاوية مقدارها (25 kV)؛ 50 مرة في الثانية.



الصورة ٣-٥ تنتج مولدات محطة الطاقة هذه الكهرباء بقوة دافعة كهربائية مستحثة (25 kV).

- أ. اذكر العامل الذي يحدّد عدد مرات تناوب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الثانية.  
ب. اقترح العوامل التي تعتقد أنها ستؤثر على القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

- ١٩ قضيب مغناطيسي ينشئ مجالاً مغناطيسيّاً منتظمًا شدته (T) 0.15) عند سطح قطبه الشمالي. احسب الفيض المغناطيسي عند هذا القطب حيث أبعاده (1.0 cm  $\times$  1.5 cm).

## ٦-٥ قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة طردياً مع معدل تغير الفيض المغناطيسي الكلي

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$$

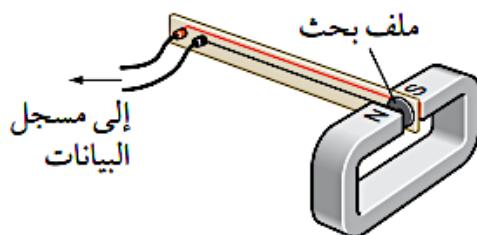
قانون فارادي يحدد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة وستدرس بعد قليل كيفية تحديد اتجاه هذه القوة باستخدام قانون لز.

أمثلة

٥. يوضح هذا المثال إحدى الطرائق التي يمكن بها قياس كثافة المجال المغناطيسي، كما هو مبين في الشكل ٣٦-٥؛ ملف البحث عبارة عن ملف مسطح يتكون من عدد من لفات سلك رفيع جداً ومعزول (يستخدمن في قياس المغناطيسية بالبحث الكهرومغناطيسي).

يتكون ملف بحث من 2500 لفة ومساحة مقطعيه العرضي ( $1.2 \text{ cm}^2$ ) موضوع بين قطبي مغناطيس بحيث يمر الفيض المغناطيسي خلال مستوى الملف عمودياً. عندما تم سحب الملف بسرعة من المجال في زمن (s)، يقاس متوسط القوة الدافعة الكهربائية بـ (V) (1.5 V) بواسطة مسجل البيانات.

احسب كثافة فيض المجال المغناطيسي بين قطبي المغناطيس.



الشكل ٣٦-٥ تُسْتَحِثُ القوة الدافعة الكهربائية في ملف البحث عند تحريكه خارج المجال بين قطبي المغناطيس، ويمكن استخدام ملف البحث للكشف عن وجود فيض مغناطيسي.

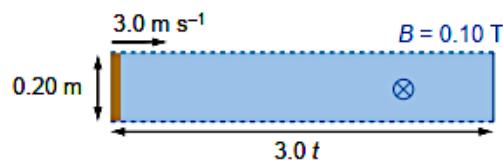
الخطوة ١: استخدم قانون فارادي لحساب التغير في الفيض المغناطيسي الكلي ( $\Delta(N\Phi)$ ).

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$$

٤. سلك مستقيم طوله (0.20 m) يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها ( $3.0 \text{ m s}^{-1}$ ) وبزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه (T). استخدم قانون فارادي لحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين طرفي السلك.

الخطوة ١: لحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة لسلك نحتاج إلى إيجاد معدل تغير الفيض المغناطيسي؛ بمعنى آخر، التغير في الفيض المغناطيسي لكل ثانية.



الشكل ٣٥-٥ سلك متحرك يقطع المجال المغناطيسي.

يبين الشكل ٢٥-٥ أن السلك في زمن (t) يقطع مسافة (t). لذلك: التغير في الفيض المغناطيسي خلال فترة من الزمن  $\times B = \Delta\Phi$  التغير في المساحة الفيض المغناطيسي خلال الزمن:  $t$ :

$$\Phi = BA\cos\theta$$

$$\cos\theta = 1$$

$$\Phi = 0.10 \times (3.0 t \times 0.20) = 0.060 t$$

الخطوة ٢: استخدم قانون فارادي لحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

معدل التغير في الفيض المغناطيسي الكلي =

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$$

$$N = 1 \quad \Delta t = t \quad \Delta\Phi = 0.060 t$$

$$\mathcal{E} = \frac{0.060 t}{t} = 0.060 \text{ V}$$

كذلك وجدنا أن الفيصل المغناطيسي الكلي بين القطبين يساوي (0.15 Wb).

الفيصل المغناطيسي الكلي:

$$\Delta(N\Phi) = BAN$$

كثافة الفيصل المغناطيسي ( $B$ ):

$$B = \frac{\Delta(N\Phi)}{AN} = \frac{0.15}{(1.2 \times 10^{-4} \times 2500)} = 0.50 \text{ T}$$

باعادة ترتيب المعادلة للحصول على  $\Delta(N\Phi)$ :

$$\Delta(N\Phi) = \epsilon \times \Delta t = 1.5 \times 0.10$$

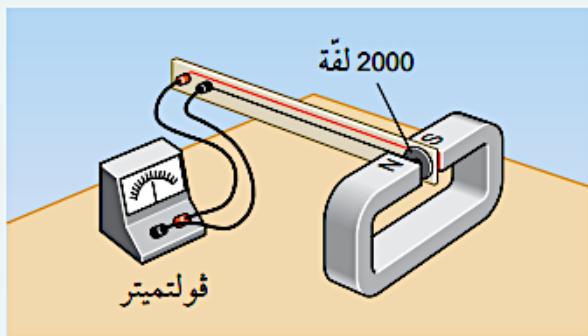
$$\Delta(N\Phi) = 0.15 \text{ Wb}$$

الخطوة ٢: احسب كثافة الفيصل المغناطيسي ( $B$ ).

ينخفض الفيصل المغناطيسي الكلي من قيمته القصوى بين القطبين إلى الصفر،

القولتميتر قوة دافعة كهربائية مستحثة متوسطة مقدارها (0.20 V) خلال فترة زمنية (0.40 s).

احسب كثافة الفيصل المغناطيسي بين قطبي المغناطيس.



الشكل ٣٧-٥ استخدام ملف بحث لتحديد كثافة الفيصل المغناطيسي للمجال المغناطيسي بين قطبي المغناطيس.

## أسئلة

٢٢ يتحرك موصل طوله ( $L$ ) بسرعة ثابتة ( $v$ ) بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيصله ( $B$ ).

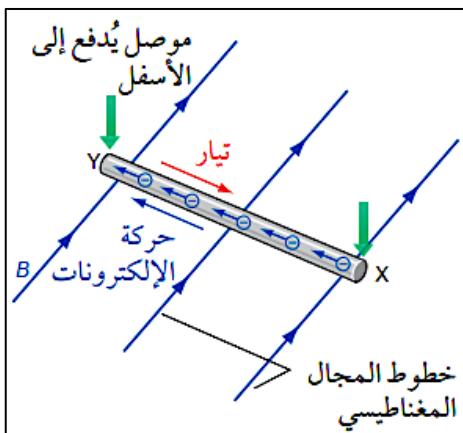
أثبت أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة ( $\epsilon$ ) بين طرفي الموصل تُعطى بالمعادلة:  $\epsilon = BLv$ .

٢٣ سلك طوله (10 cm) يتتحرك مسافة (2.0 cm) بزاوية قائمة مع طوله في الحيز بين قطبي مغناطيس، وعمودي مع مجال مغناطيسي، كثافة فيصله (1.5 T). إذا استغرق في قطع هذه المسافة (0.50 s) فاحسب متوسط مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين طرفي السلك.

٢٤ يبيّن الشكل ٣٧-٥ ملف بحث عدد لفاته 2000 لفة ومساحة مقطعه العرضي ( $1.2 \text{ cm}^2$ ), وضع بين قطبي مغناطيس قوي وكان المجال المغناطيسي عمودياً على مستوى الملف، ونهايات الملف متصلتان بقولتميتر. بعد ذلك سحب الملف من المجال المغناطيسي، فسجل

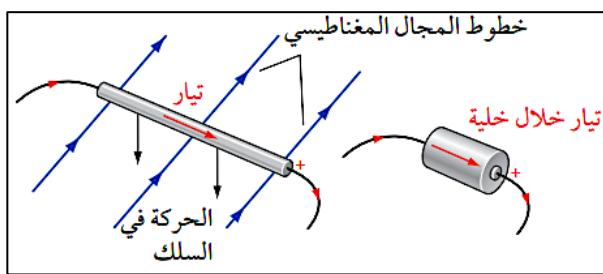
## ٧-٥ قانون لنز

هذا القانون يحدد الطرفين الموجب والسلب للسلك أو الملف المتحرك في المجال المغناطيسي.



### شرح الحث الكهرومغناطيسي

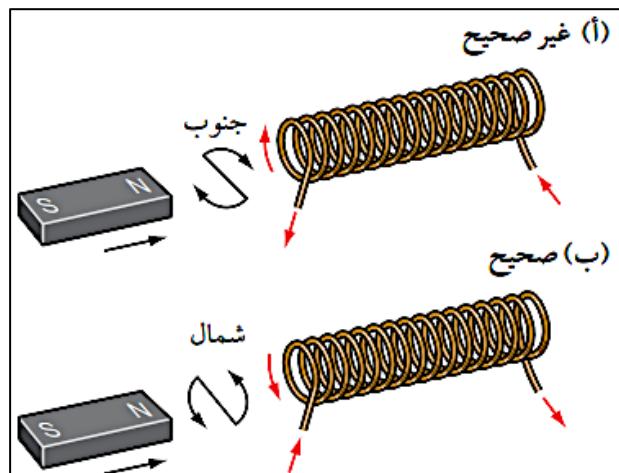
- في الشكل المقابل يتحرك السلك إلى أسفل، وبالطبع معه إلكتروناته الحرة،
- هذا يشكل تياراً اصطلاحياً اتجاهه إلى أعلى،
- بتطبيق قاعدة اليد اليسرى لفلينج نجد أن القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على كل إلكترون (Bev) تدفعه في الاتجاه من X إلى Y.
- هذا يعني أن الاتجاه الاصطلاحي للتيار المستحسن في السلك يكون من Y إلى X.
- ملاحظة: إذا استخدمت قاعدة اليد اليمنى لفلينج لتحديد اتجاه التيار المستحسن في السلك سيكون أيضاً من Y إلى X.



- خلاصة القول: ينبع التيار الكهربائي المستحسن في سلك لأن إلكتروناته تُدفع بواسطة تأثير الحركة، فالحث الكهرومغناطيسي ببساطة هو نتيجة تأثير الحركة على الشحنات الموجودة بالموصل.
- يبين الشكل المقابل كيف يكون السلك المتحرك مكافئاً لخلية أو بطارية.

## القوى والحركة

- عندما ندير ملفاً في مجال مغناطيسي، تتحول الطاقة الميكانيكية التي نبذلها (أي الشغل المبذول) فيه إلى طاقة كهربائية.
- ويمكننا تحديد اتجاه التيار الكهربائي من خلال تتبع عمليات نقل الطاقة هذه.



### تطبيق ذلك على ملف حلزوني

- الشكل المقابل يوضح الاتجاهين المحتلين للتيار المستحسن عند تحريك مغناطيس إلى داخل ملف حلزوني.
- الاحتمال الأول مرفوض لأنه يتناقض مع مبدأ حفظ الطاقة.
- وتفسير ذلك: أن التيار المستحسن بسبب تحريك المغناطيس باتجاه الملف بمقدار بسيط ينشئ قطباً معاكساً فتنتيج قوة تجاذب فيتسارع المغناطيس إلى داخل الملف فتردد شدة التيار المستحسن أكثر.

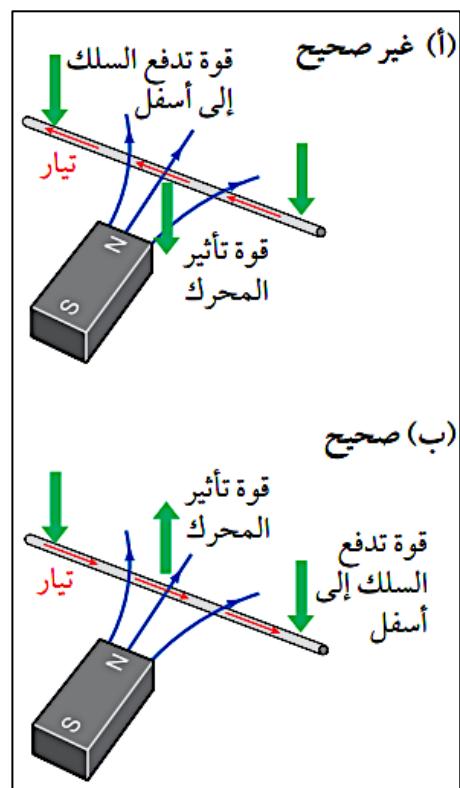
وهذا يعني أن الشغل البسيط الذي تم بذله في البداية نتج عنه كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية، وهذا يتناقض مع مبدأ حفظ الطاقة.

- الاحتمال الثاني مقبول لأنه يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

وتفسير ذلك: أن التيار المستحدث عند تحريك المغناطيس باتجاه الملف بمقدار ينشئ قطبا مشابها فتنتج قوى تناقض، لذا عليك بذل المزيد من الشغل لدفع المغناطيس أكثر باتجاه الملف إذا كنت تريده متراجعا أكثر شدة. وهذا يعني أن الطاقة الكهربائية لن تكون أكثر من الشغل المبذول. وهذا يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

- من ذلك نستنتج أن اتجاه التيار المستحدث يكون بحيث ينشئ التحريك قوة تقاوم التحريك. وهذا يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

### تطبيق ذلك على سلك مستقيم



- الشكل المقابل يوضح تطبيق المقطع نفسه على سلك مستقيم يتم دفعه إلى أسفل بالقرب من مغناطيس.

- فالاحتمال الأول مرفوض لأنه يتناقض مع مبدأ حفظ الطاقة.

وتفسير ذلك: أن التيار المستحدث عند تحريك السلك بالقرب من المغناطيس سيولد تأثير المحرك بحيث يكون اتجاه قوة المحرك في نفس اتجاه قوة الدفع (تأكد من ذلك باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفليمينج)، وهذا يسبب تسارع السلك وبالتالي ازدياد شدة التيار الكهربائي المستحدث. وهذا يعني أن الشغل البسيط الذي تم بذله في البداية نتج عنه كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية، وهذا يتناقض مع مبدأ حفظ الطاقة.

- الاحتمال الثاني مقبول لأنه يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

وتفسير ذلك: أن التيار المستحدث عند تحريك السلك بالقرب من المغناطيس سيولد تأثير المحرك بحيث يكون اتجاهه عكس اتجاه قوة الدفع (تأكد من ذلك باستخدام قاعدة اليد اليسرى لفليمينج)، لذا عليك بذل المزيد من الشغل لدفع السلك أكثر إذا كنت تريده متراجعا أكثر شدة. وهذا يعني أن الطاقة الكهربائية لن تكون أكثر من الشغل المبذول.

وهذا يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

- من ذلك نستنتج أن اتجاه التيار المستحدث يكون بحيث ينشئ التحريك قوة تقاوم التحريك. وهذا يتواافق مع مبدأ حفظ الطاقة.

٢٦) ارسم مخططًا تبيّن فيه اتجاه كل من التيار الكهربائي الناتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحبة، والقوة المعاكسة، إذا حاولت تحريك السلك المبيّن في الشكل ٤-٥ نحو الأعلى خلال المجال المغناطيسي.

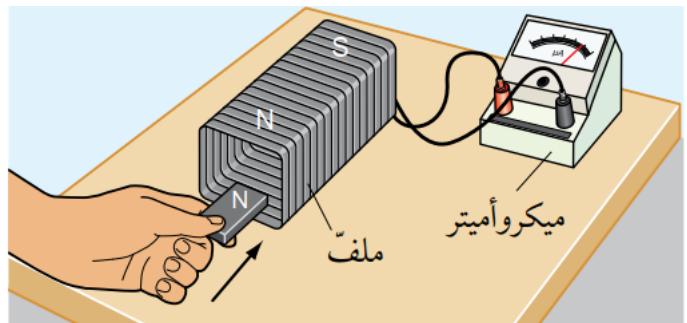
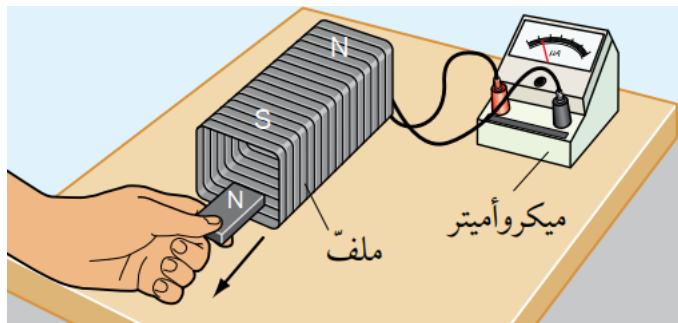
٢٥) استخدم الأفكار الواردة في الموضوع السابق لشرح ما يحدث إذا توقفت عن دفع المغناطيس (أ) نحو الملف المبيّن في الشكل ٤-٥، وفي (ب) إذا سُحب المغناطيس بعيدًا عن الملف.

**قانون لنز (قانون عام للقوة الدافعة الكهربائية المستحبة)**  
تنشأ أي قوة دافعة كهربائية مستحبة باتجاه معين بحيث ينبع عنها تأثيرات تقاوم التغير الذي أنشأها  
الآن يمكننا تلخيص قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز باستخدام المعادلة:

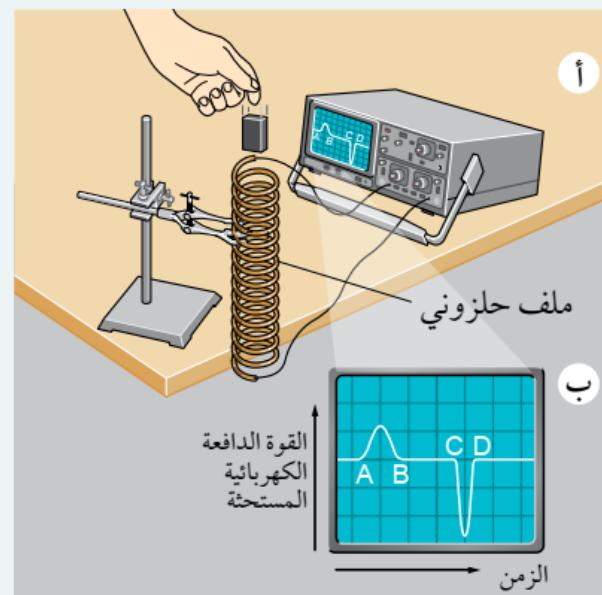
$$\epsilon = -\frac{\Delta(N\phi)}{\Delta t}$$

الإشارة السالبة موجودة بسبب قانون لنز، أي إنها ضرورية للتتأكد على مبدأ حفظ الطاقة.

الشكل التالي يوضح أقطاب المغناطيس الكهربائي عند تقرير أو إبعاد قضيب مغناطيسي.



- نلاحظ أن مؤشر الميكروأميتر ينحرف في الجهة المعاكسة عند عكس اتجاه الحركة.
- ونلاحظ أيضاً أن تقرير القطب الشمالي من الملف الحلزوني ينشئ قطباً شماليًا في الجهة القريبة منه لكي يحدث تنافر يقاوم تلك الحركة.
- وأن إبعاد القطب الشمالي عن الملف الحلزوني ينشئ قطباً جنوبياً في الجهة القريبة منه لكي يحدث تجاذب يقاوم تلك الحركة.
- ويمكن إثبات صحة هذا القانون عملياً، بوضع إبرة المغناطيسية لبوصلة أمام إحدى نهايتي الملف الحلزوني.



الشكل ٤٣-٥ (أ) يسقط قضيب مغناطيسي خلال ملف حلزوني طويل (ب) تُظهر إشارة راسم الذبذبات كيف تتغير القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف مع الزمن.

٢٧ يسقط قضيب مغناطيسي رأسياً إلى الأسفل خلال ملف حلزوني طويل متصل بجهاز راسم الذبذبات (أوسيلوسكوب) (الشكل ٤٣-٥). تُظهر إشارة راسم الذبذبات كيف تتغير القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف مع الزمن في أثناء تسارع المغناطيسي إلى الأسفل.

أ. اشرح سبب وجود قوة دافعة كهربائية مستحثة في الملف عندما يدخل المغناطيسي فيه (الجزء AB من الإشارة).

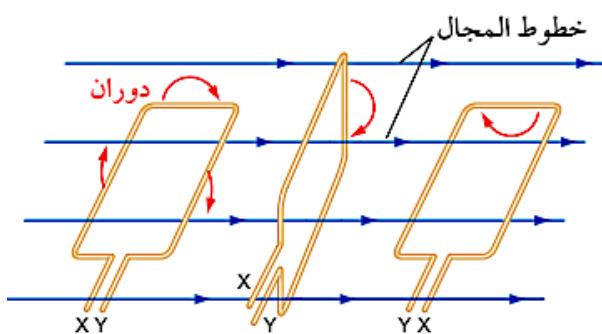
ب. اشرح سبب عدم وجود قوة دافعة كهربائية مستحثة في أثناء وجود المغناطيسي بالكامل داخل الملف (الجزء BC).

ج. لماذا يُظهر الجزء CD إشارة سالبة؟ ولماذا تكون القوة الدافعة الكهربائية أكبر عند هذا الجزء؟ ولماذا يمثل فترة زمنية أقصر من SAB؟ اشرح إجابتك.

٢٨ يمكنك تدوير مولّد الدراجة باليد وجعل المصايبع تضيء. استخدم فكرة قانون لenz لشرح سبب سهولة تشغيل المولّد عند إطفاء المصايبع أكثر مما هي في حالة تشغيلها.

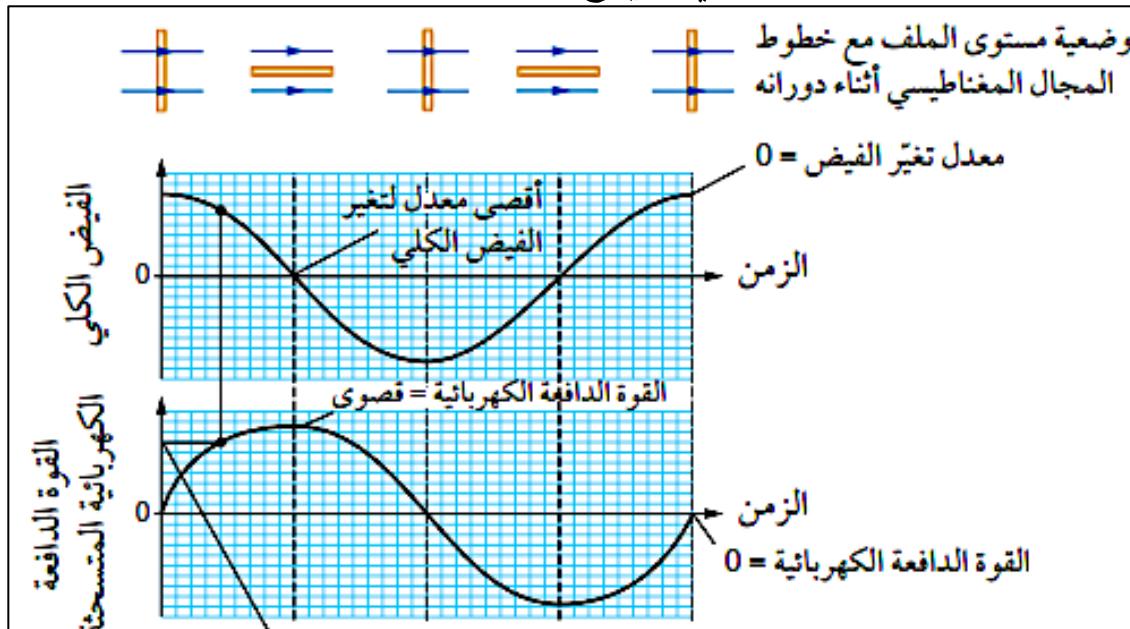
## ٨-٥ تطبيقات الحث الكهرومغناطيسي

### المولدات الكهربائية



- يمكننا توليد الكهرباء بواسطة تدوير ملف في مجال مغناطيسي.
- معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي يكون أقصى عندما يتحرك الملف خلال الوضع الأفقي. في هذه الوضعية، نحصل على أكبر قوة دافعة كهربائية مستحثة. أما عندما يتحرك الملف عبر الوضع الرأسي فإن معدل تغير الفيصل المغناطيسي يكون صفرًا والقوة الدافعة الكهربائية المستحثة تكون صفرًا.

- يبين الشكل التالي كيف يتغير الفيصل المغناطيسي الكلي مع الزمن للملف الدوار



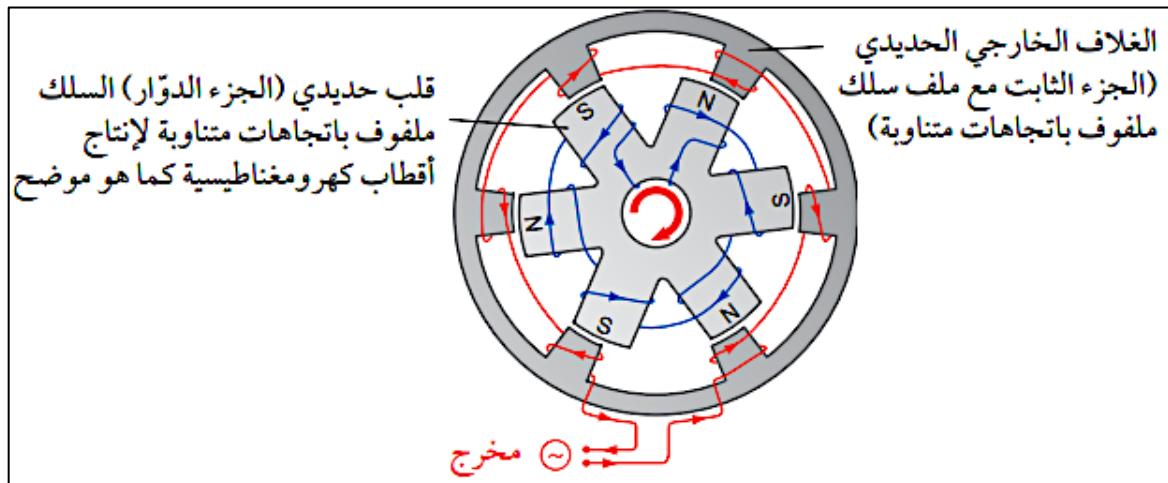
وفقاً لقانون فارادي ولنز، فإن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تساوي سالب ميل التمثيل البياني للفيصل المغناطيسي الكلي مقابل الزمن.

عندما يكون مقدار الفيصل المغناطيسي الكلي الذي يخترق الملف هو:

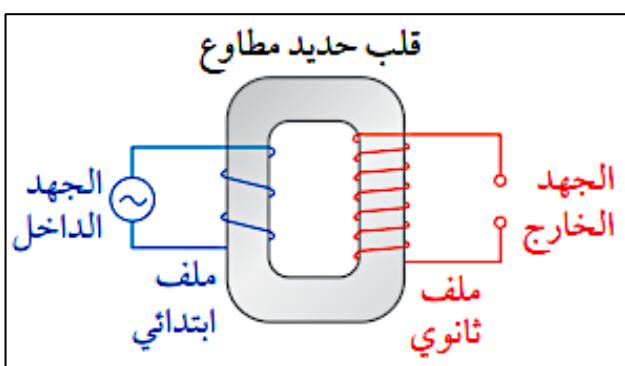
- الأقصى، فإن معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي المستحثة يساوي صفرًا، ومن ثم فإن القوة الدافعة الكهربائية تساوي صفرًا أيضًا.

- الصفر، فإن معدل التغير في الفيصل الكلي هو الأقصى (ويكون ميل التمثيل البياني أكثر انحدارًا) وبالتالي فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تكون قصوى أيضًا.

ومن هنا، فإننا نحصل من ملف مثل هذا، على قوة دافعة كهربائية متغيرة، وهذا يبين كيفية توليد التيار الكهربائي المتردد (المتناوب). من الأسهل عملياً الإبقاء على الملف الكبير ثابتاً وتدوير مغناطيس كهربائي بداخله (انظر الشكل التالي). إن مولد الدراجة مشابه لهذا، ولكن في هذه الحالة يصنع مغناطيس دائم ليدور داخل ملف ثابت.



## المحولات الكهربائية



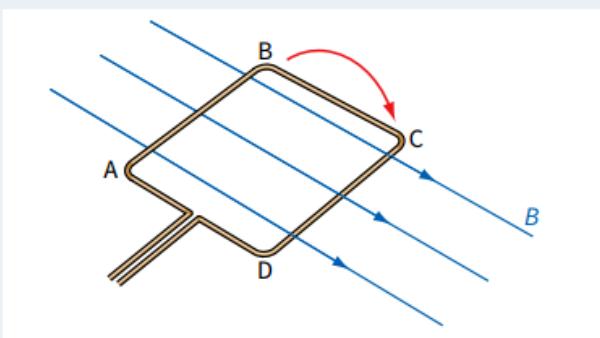
- يتكون المحول البسيط من ملف ابتدائي وملف ثانوي، وكلها ملفوفان حول قلب من الحديد المطاوع (حلقة).
- يزود الملف الابتدائي بتيار كهربائي متعدد، فينتج فيضاً مغناطيسياً متغيراً في قلب الحديد المطاوع (انظر الشكل المقابل).
- يرتبط الملف الثانوي بتغير الفيض المغناطيسي في قلب الحديد المطاوع نفسه، لذلك فإن قوة دافعة كهربائية تُسْتَحث في نهاية هذا الملف.
- وبحسب قانون فارادي، فإنه يمكنك زيادة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف الثانوي بواسطة زيادة عدد لفاته.
- تستخدم المحولات الكهربائية لنقل الطاقة الكهربائية باستخدام الكابلات العلوية

٣٠ هل يولد مولّد الدرجة (الشكل ٢٦-٥) تياراً كهربائياً متعددًا، أم تياراً كهربائياً مستمراً؟ بّرّ إجابتك.

٣١ تعتمد القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العظمى في ملف دوّار في مجال مغناطيسي على أربعة عوامل: كثافة الفيصل المغناطيسي ( $B$ )، مساحة الملف ( $A$ )، عدد اللفات ( $N$ )، وتعدد الدوران ( $f$ ). لماذا يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة متناسبة مع كل من هذه الكميات؟ استخدم قانون فارادي لشرح إجابتك.

٣٢ إذا كان المحول متصلًا بمصدر تيار كهربائي ثابت (تيار كهربائي مستمر)، فلماذا لا توجد قوة دافعة كهربائية مستحثة عبر الملف الثانوي؟ اشرح إجابتك.

٢٩ يمثل الشكل ٤٨-٥ ملفاً من سلك  $ABCD$ ، يُدار في مجال مغناطيسي أفقى منتظم. انسخ هذا الشكل وأكمله لتبيّن اتجاه التيار الكهربائي الناتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف، واتجاهات القوى على الضلعين  $AB$  و  $CD$  والتي تقاوم دوران الملف.



## < الأنشطة >

### نشاط ١-٥ خطوط المجال المغناطيسي

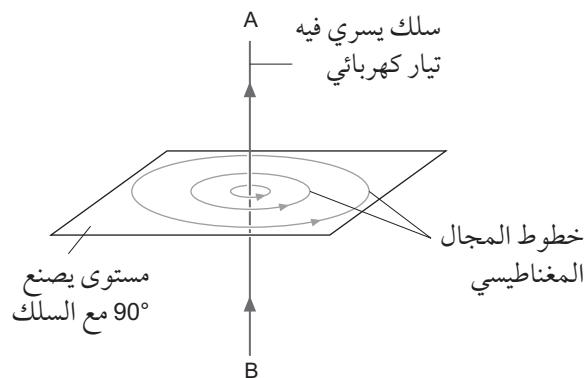
#### مصطلحات علمية

**المجال المغناطيسي** : Magnetic field

مجال قوة يتعرض فيه مغناطيس ما أو سلك حامل لتيار كهربائي أو شحنة كهربائية متحركة لقوة ما.

نستخدم خطوط المجال المغناطيسي لتمثيل شدة المجال المغناطيسي واتجاهه. هذا النشاط يتيح لك التدرب على رسم خطوط المجال المغناطيسي وتفسيرها.

١. كل سلك يحمل تياراً كهربائياً يحاط ب المجال المغناطيسي. يوضح الشكل ١-٥ سلكاً طويلاً مستقيماً يتدفق عبره تيار كهربائي باتجاه الأعلى من A إلى B:



الشكل ١-٥: للسؤال ١. سلك طويلاً مستقيماً يحمل تياراً كهربائياً باتجاه الأعلى من B إلى A.

- أ. صِف شكل خطوط المجال المغناطيسي.
- .....  
.....  
.....

- ب. حدّد ما إذا كانت خطوط المجال المغناطيسي هذه - عند رؤيتها من النقطة A - تدور في اتجاه عقارب الساعة أم عكس اتجاه عقارب الساعة.
- .....  
.....

ج. أين تكون شدة المجال المغناطيسي أكبر ما يمكن؟ صِفْ كيف تمثيل ذلك في الشكل ١-٥.



د. صِفْ كيف سيتغير الشكل إذا انعكس اتجاه التيار الكهربائي.



ه. صِفْ كيف سيتغير الشكل إذا ازدادت شدة التيار الكهربائي.



٢. يمكن تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي حول موصلٍ حاملٍ لتيار كهربائي على النحو الآتي:

- تخيل أنك تمسك السلك بلف أربع أصابع حوله.
- وجّه الإبهام على طول السلك.

أ. ما القاعدة التي يجب أن تستخدم لهذا الغرض؟



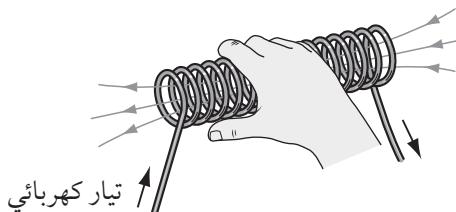
ب. إلام يشير اتجاه الإبهام؟



ج. علام يدل اتجاه الأصابع المختلفة حول السلك؟



٣. يمكن توليد مجال مغناطيسي أقوى عن طريق لف سلك لتشكيل ملف حلزوني. يوضح الشكل ٢-٥ كيفية تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني:



الشكل ٢-٥: للسؤال ٣. كيفية تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني.

أ. ما القاعدة التي يجب أن تستخدم لهذا الغرض؟

.....

ب. إلام يشير اتجاه الإبهام؟

.....

ج. ما اتجاه الأصابع المختلفة؟

.....

د. اكتب ثلاث طرائق يمكنك من خلالها زيادة شدة المجال المغناطيسي داخل الملف.

.....

هـ. إذا وضع ملف حلزوني ثانٍ مماثل باتجاه التيار نفسه مباشرةً على يسار الملف الموضح في الشكل، فهل سيتجاذب الملفان الحلزוניان أم سيتلاحران؟  
شرح إجابتك.

.....

و. كيف يمكنك عكس اتجاه القوة الناشئة بين الملفين الحلزוניين؟

.....

## نشاط ٥-٢ القوة المؤثرة على سلك يسري فيه تيار كهربائي

يوجد مجال مغناطيسي حول أي سلك يسري فيه تيار كهربائي، وعندما يكون اتجاه التيار الكهربائي غير مواز للمجال المغناطيسي، يتفاعل المجالان لإنتاج قوة تؤثر على التيار الكهربائي. ستدرب في هذا النشاط على حساب القوى المغناطيسية وتحديد اتجاهاتها.

- يوضح الشكل ٣-٥ سلكاً يحمل تياراً كهربائياً (يتجه عمودياً إلى داخل مستوى الورقة)، فالسلك موضوع في مجال مغناطيسي ناتج عن المغناطيسيين.



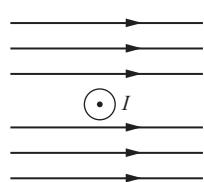
$\bigcirc I$



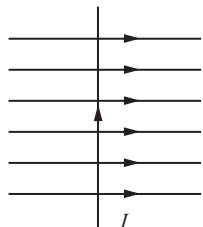
الشكل ٣-٥: للسؤال ١. سلك يحمل تياراً كهربائياً (يتجه عمودياً إلى داخل مستوى الورقة).

- رسم خطوط المجال بين المغناطيسيين.
  - رسم خطوط المجال حول سلك التيار الكهربائي.
  - رسم سهماً لتوضيح اتجاه القوة المؤثرة على الموصى.
  - استخدم الشكل لشرح سبب تأثير القوة في الاتجاه الذي أظهرته.
- .....  
.....

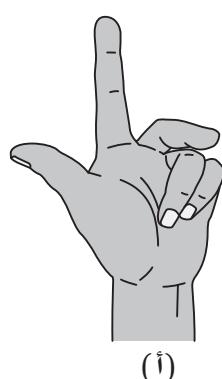
- لتحديد اتجاه القوة تستخدم قاعدة فليمنج لليد اليسرى (الشكل ٤-٥ أ):



(ج)



(ب)



(أ)

الشكل ٤-٥: للسؤال ٢.

مصطلحات علمية	
قاعدة فليمنج لليد اليسرى	Fleming's left-hand rule
هذه القاعدة لتحديد اتجاه القوة التي تؤثر على موصل يحمل تياراً كهربائياً موضوع في مجال مغناطيسي خارجي؛ حيث تشير:	• الإبهام: اتجاه الحركة (القوة). • السباقة: اتجاه المجال المغناطيسي. • الوسطى: اتجاه التيار الاصطلاحي.

أ. ما الذي يمثله الإبهام والسبابة والوسطى في هذه القاعدة؟

.....

ب. انظر إلى الشكلين ٤-٥ (ب) و (ج)، وقرر ما إذا كانت هناك قوة تؤثر على الموصل الذي يسري فيه تيار كهربائي وحدد الاتجاه لكل منهما.

.....

.....

.....

٣. يُحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يسري فيه تيار كهربائي باستخدام المعادلة:  $F = BIL$ .

أ. اكتب الكمية التي يمثلها كل رمز في هذه المعادلة، مع تحديد وحدة القياس في النظام الدولي للوحدات (SI) (الاسم والرمز).

.....

.....

.....

ب. تستخدم المعادلة لتعريف التسلا (T). أعد ترتيب المعادلة واستخدمها للتعبير عن التسلا بوحدات النظام الدولي للوحدات الأساسية.

.....

.....

.....

ج. حدد الكميات المتجهة في هذه المعادلة.

.....

.....

د. وضّح كيف يجب أن تكون المعادلة إذا كانت هناك زاوية  $\theta$  بين اتجاه التيار الكهربائي واتجاه الفيض المغناطيسي.

.....

.....

.....

### مصطلحات علمية

**كثافة الفيض المغناطيسي**

: Magnetic flux density

القوة المؤثرة لكل وحدة

تيار كهربائي لكل وحدة

طول على سلك موضوع

بزاوية قائمة مع المجال

المغناطيسي ووحدة

. قياسها التسلا (T).

هـ. احسب القوة المؤثرة على سلك طوله (0.40 m) يمر عبره تيار كهربائي شدته (0.30 A) موضوع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه . (250 mT).

.....  
.....  
.....

وـ. ارسم رسمًا تخطيطيًّا للتوضيح كيف يمكن وضع السلك في المجال المغناطيسي بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة عليه تساوي صفرًا.

٤. يمكن تحديد كثافة الفيض المغناطيسي عن طريق قياس القوة المؤثرة على موصل يسري فيه تيار كهربائي موضوع في المجال المغناطيسي.  
ملاحظة: كثافة فيض المجال المغناطيسي للأرض تساوي ( $32 \mu\text{T}$ ) تقريرًا.

أـ. سلك من النحاس طوله (10 cm) يحمل تيارًا كهربائيًّا شدته (200 mA) وضع بحيث يصنع زاوية قائمة مع مجال مغناطيسي. تبيّن أن القوة المؤثرة على الموصل مقدارها ( $8.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ ). احسب كثافة فيض المجال المغناطيسي.

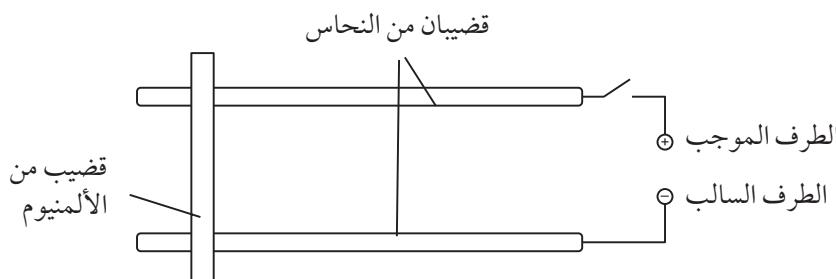
.....  
.....  
.....

بـ. احسب القوة المؤثرة على سلك طوله (1.0 m) يحمل تيارًا كهربائيًّا شدته (5.0 A) وضع في المجال المغناطيسي للأرض.

.....  
.....  
.....

- ج. إذا كانت كتلة السلك (20 g)، فاشرح سبب عدم احتمال ملاحظة القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك من قبل شخص ما.
- .....  
.....  
.....

٥. يوضح الشكل ٥-٥ تركيباً يمكن استخدامه لإظهار وجود قوة تؤثر على موصل يحمل تياراً كهربائياً موضوعاً في مجال مغناطيسي.



الشكل ٥-٥: للسؤال ٥. قضيبان من النحاس مع قضيب من الألمنيوم موضوع عليهما بزاوية قائمة، وفتح وطرفي مصدر جهد كهربائي.

عندما يُغلق المفتاح يتدرج قضيب الألمنيوم إلى اليمين على طول قضيب النحاس.

- أ. ما اتجاه التيار الكهربائي المار في قضيب الألمنيوم؟
- .....

- ب. ما اتجاه المجال المغناطيسي الذي يؤثر على قضيب الألمنيوم؟ اشرح كيف تمكنت من التوصل إلى إجابتك.
- .....  
.....  
.....

### نشاط ٣-٥ الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي الكلي

يتناول هذا النشاط مصطلحات الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي وبعض تطبيقاتها. من المهم تحديد الزاوية بين ملف ما ومجال مغناطيسي محدد، وقد تكون هذه الزاوية هي الزاوية بين مستوى الملف والمجال، أو بين العمودي على مستوى الملف (أي محور الملف) والمجال المغناطيسي، وهذه الزوايا مختلفة.

١. طابق المصطلحات بالتعريف الصحيحة:

المصطلح العلمي	التعريف
الفيض المغناطيسي	الفيض المغناطيسي الذي يمر عبر مساحة ( $1 \text{ m}^2$ ) عندما تكون كثافة الفيض المغناطيسي ( $T$ ).
الفيض المغناطيسي الكلي	الفيض المغناطيسي عبر ملف مضروباً في عدد اللفات.
كثافة الفيض المغناطيسي	كثافة الفيض المغناطيسي عمودياً على الملف مضروباً في مساحة المقطع العرضي.
الوبير	القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائيي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.

الجدول ١-٥ : لسؤال ١.

٢. تمثل المجالات المغناطيسية بخطوط المجال المغناطيسي التي تمر عبر الملفات، وتكون خطوط المجال أحياناً متقاربة من بعضها وأحياناً متباعدة.

أ. عرّف كلاً من كثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي من حيث خطوط المجال المغناطيسي.

.....  
.....  
.....

ب. ما وحدة قياس كل من الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي؟

.....  
.....

ج. عند توصيل الملف الابتدائي لمحول مثالٍ بمصدر تيار كهربائي مستمر. لماذا يتساوى الفيض المغناطيسي عبر الملفين الابتدائي والثانوي ويختلف الفيض المغناطيسي الكلي؟ اقترح السبب.

.....  
.....  
.....

٣. لدى فاطمة حلقة مساحتها  $(1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$ , إذا علمت أن كثافة الفيض المغناطيسي للأرض تساوي  $(5.0 \times 10^{-5} \text{ T})$  تقريرًا:

أ. صِف كيف يمكن أن تضع فاطمة هذه الحلقة بحيث يكون الفيض المغناطيسي عبرها أكبر ما يمكن.

.....  
.....  
.....

ب. احسب القيمة القصوى للفيض المغناطيسي عبر الحلقة.

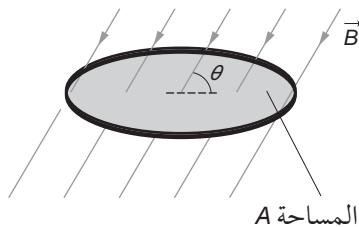
.....  
.....  
.....

ج. اشرح سبب تساوي الفيض المغناطيسي الكلي والفيض المغناطيسي عبر الحلقة.

.....  
.....  
.....

مصطلحات علمية
الفيض المغناطيسي : Magnetic flux الخاص بـ: حاصل ضرب كثافة الفيض المغناطيسي في مساحة المقطع العرضي العمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي. ووحدة قياسه: ويبير Wb وتكافئ $\text{T m}^2$ .
الفيض المغناطيسي الكلي : Magnetic flux linkage حاصل ضرب الفيض المغناطيسي لملف ما في عدد اللفات. ووحدة قياسه: ويبير (Wb).

٤. ملف مسطح مكون من ( $N$ ) لفة ومساحته ( $A$ ), وضع بحيث يكون مستوى بزاوية ( $\theta$ ) مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه ( $\vec{B}$ ) (الشكل ٦-٥):



الشكل ٦-٥: للسؤال ٤. رسم تخطيطي يوضح ملفاً موضوعاً بحيث يكون مستوى بزاوية مع مجال مغناطيسي كثافة فيضه ( $\vec{B}$ ).

استخدم تعريف الفيض المغناطيسي والفيض المغناطيسي الكلي لتوضيح أن الفيض المغناطيسي الكلي عبر الملف هو  $NBA \sin \theta$ . لاحظ أن هذا هو تغيير في المعادلة الواردة في كتاب الطالب نظراً إلى تعريف الزاوية بشكل مختلف.

.....  
.....  
.....

٥. وضع ملف مساحة مقطعيه العرضي ( $2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ) في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ( $T = 0.028$ ). احسب الفيض المغناطيسي عبر الملف عندما يكون مستوى الملف:

أ. عمودياً على المجال.

.....  
.....  
.....

ب. يصنع زاوية  $0^\circ$  مع المجال.

.....  
.....  
.....

ج. يصنع زاوية  $30^\circ$  مع المجال.

.....  
.....  
.....

٦. وضع ملف مربع الشكل طول ضلعه (2.0 cm) ومكون من 50 لفة في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ( $T = 10^{-2} \times 2.8$ ). احسب الفيض المغناطيسي الكلي الذي يخترق الملف عندما تكون الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي (35°).
- .....  
.....  
.....

### مهم

انتبه: يجب أن تكون وحدة المساحة بالـ  $m^2$ .

٧. وضع ملف مساحة مقطعيه العرضي ( $2.0 \times 10^{-4} m^2$ ) في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ( $T = 0.010$ ). والفيض المغناطيسي الكلي عبر الملف يساوي ( $3.0 \times 10^{-5}$  Wb).
- احسب:

أ. الفيض المغناطيسي خلال الملف.

.....  
.....  
.....

ب. عدد لفات الملف.

.....  
.....  
.....

## نشاط ٥-٤ قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز

يمنحك هذا النشاط تدريبياً على تذكر قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي وقانون لنز واستخدامهما في حل مسائل.

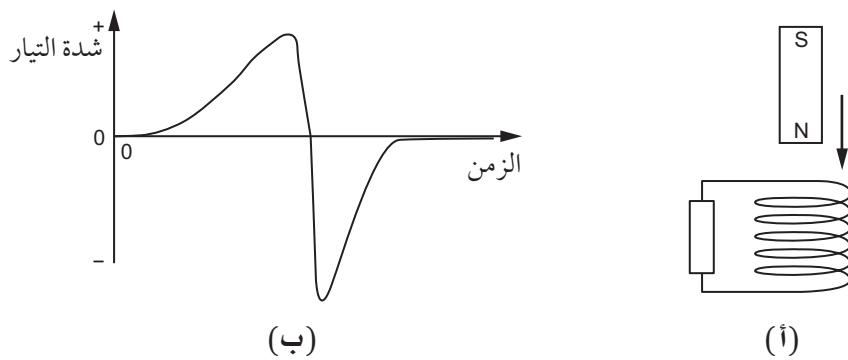
١. صِف تجربة توضح قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي، يجب عليك تضمين:  
أ. رسم تخطيطي معنون للتجربة.

مصطلحات علمية
<b>قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي</b> <b>Faraday's law of electromagnetic induction</b> يتاسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة طردياً مع معدل تغير الفيض المغناطيسي الكلي.

ب. شرح لكيفية توضيح النتائج أو الملاحظات لقانون فارادي.

.....  
.....  
.....

٢. يوضح الشكل ٧-٥ (أ) سقوط مغناطيس رأسياً عبر ملف، ويوضح الشكل ٧-٥ (ب) كيف تتغير شدة التيار الكهربائي المستحدث في الملف مع مرور الزمن:



الشكل ٧-٥: للسؤال ٢.

التيار الكهربائي في الملف يجعل الملف مغناطيساً كهربائياً.

- أ. ما سبب تولد تيار كهربائي من القوة الدافعة الكهربائية المستحدثة في الملف؟
- .....  
.....  
.....

مصطلحات علمية
<b>قانون لنز Lenz's law :</b> تنشأ أي قوة دافعة كهربائية مستحدثة باتجاه معين بحيث ينبع عنها تأثيرات تقاويم التغير الذي أنتجه.

- ب. عندما يقترب القطب الشمالي N من الجزء العلوي من الملف، حدد ما إذا كان الجزء العلوي من الملف عبارة عن قطب شمالي N أو قطب جنوبي S. اشرح فكرتك باستخدام قانون لنز.
- .....  
.....  
.....

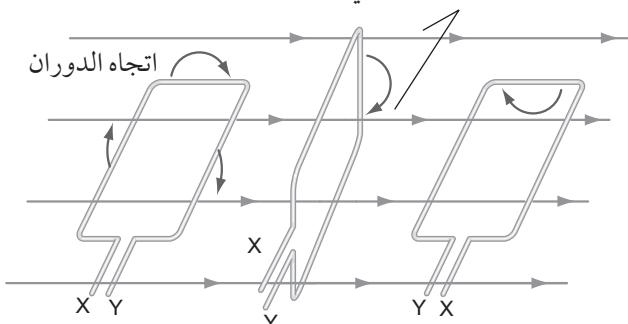
- ج. عندما يترك القطب الجنوبي S أسفل الملف، حدد ما إذا كان الجزء السفلي من الملف عبارة عن قطب شمالي N أو قطب جنوبي S. اشرح فكرتك باستخدام قانون لنز.
- .....  
.....  
.....

- د. استخدم قانون فارادي لشرح سبب كون أقصى قيمة سالبة في شدة التيار الكهربائي أكبر مما هي في القيمة من أقصى قيمة موجبة.
- .....  
.....  
.....

- هـ. اذكر تغييرين يمكن إجراؤهما على التجربة لزيادة شدة التيار الكهربائي الناتج عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.
- .....  
.....  
.....

٣. يحتوي مولد كهربائي على ملف يدور في مجال مغناطيسي، كما هو موضح في الشكل ٨-٥:

خطوط المجال المغناطيسي



الشكل ٨-٥: للسؤال ٣. ملف يدور في مجال مغناطيسي.

- أ. من خلال ما درسته حول الفيصل المغناطيسي عبر الملف، اشرح سبب تولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الملف.
- .....  
.....  
.....

- بـ. باستخدام قانون فارادي اشرح سبب حصولنا على الحد الأقصى للقوة الدافعة الكهربائية عندما يكون الملف أفقياً في الشكل ٨-٥.
- .....  
.....  
.....

ج. اذكر طريقتين يتم من خلالهما زيادة مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة. اشرح إجابتك باستخدام ما تعلمه حول الفيصل المغناطيسي الكلي وقانون فارادي.

.....  
.....  
.....

## نشاط ٥-٥ المزيد حول قانون فارادي

يمنحك هذا النشاط مزيداً من التدريب في إجراء العمليات الحسابية باستخدام قانون فارادي.

١. أيّ ثلات من هذه الوحدات تكافئ ( $\text{Wb s}^{-1}$ ) وهي وحدة معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي؟

$\text{J s}^{-1}$        $\text{J C}^{-1}$        $\text{V s}^{-1}$        $\text{V}$        $\text{T m}^2 \text{s}^{-1}$        $\text{T m}^2$

.....

٢. يتكون ملف من 50 لفة ومساحة مقطعه العرضي ( $8.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ). وضع الملف بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.20 T).  
أ. احسب الفيصل المغناطيسي الكلي من خلال الملف.

.....  
.....

ب. احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة إذا تم خفض شدة المجال المغناطيسي إلى صفر في (50 ms). تذكر أن ( $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$ ).

.....  
.....  
.....

ج. احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة إذا تم عكس اتجاه المجال المغناطيسي في (50 ms).

.....  
.....  
.....

٣. ملف مساحة مقطعي العرضي ( $2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ) يتكون من 3000 لفة، احسب التغير في كثافة الفি�ض المغناطيسي كل ثانية، الذي يولد قوة دافعة كهربائية مستحثة مقدارها (12 V) في الملف.
- .....  
.....  
.....

٤. وضع ملف مساحة مقطعي العرضي ( $1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ) مكون من 200 لفة في مجال مغناطيسي منتظم شدته (T) 0.090. إذا أخرج الملف من المجال المغناطيسي فإن متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف يبلغ (V) 15. قدر الزمن المستغرق لإخراج الملف من المجال المغناطيسي.
- .....  
.....  
.....

٥. وُضعت حلقة مفردة من سلك مقدر مقاومتها ( $3.6 \Omega$ ) ومساحتها ( $6.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ) بشكل متوازد مع مجال مغناطيسي منتظم ناتج عن مغناطيس كهربائي. عندما يتم تشغيل المغناطيس الكهربائي، يستغرق الأمر (s) 0.60 للوصول إلى كثافة فيض مغناطيسي مقداره ( $T = 5.0 \times 10^{-4}$ ) داخل الملف.

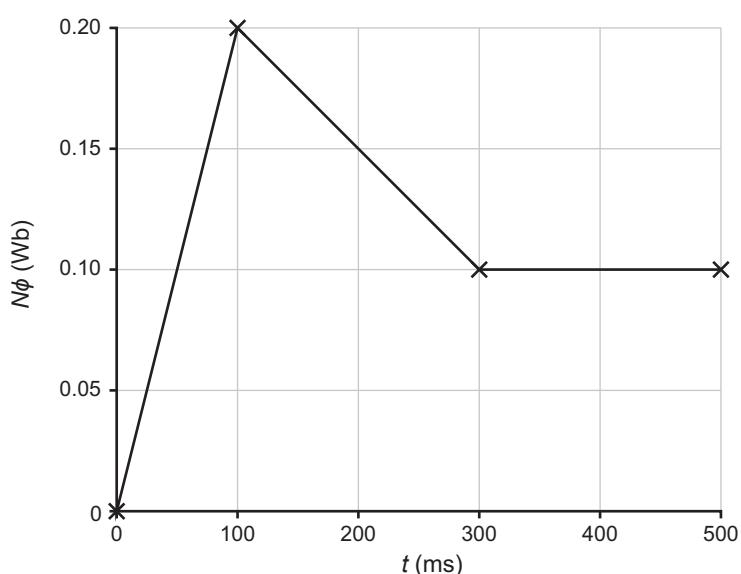
- أ. احسب متوسط شدة التيار الكهربائي الذي يتدفق في الحلقة خلال (s) 0.60 بعد تشغيل المغناطيس الكهربائي.
- .....  
.....  
.....

- ب. لماذا تكون شدة التيار الكهربائي صفرًا في الحلقة عندما يصبح التيار الكهربائي ثابت الشدة في المغناطيس الكهربائي؟ اشرح إجابتك.
- .....  
.....  
.....

٦. يتغير الفيصل المغناطيسي عبر ملف ما بشكل منتظم بمرور الزمن كموجة جيبية. الحد الأقصى لقيمة الفيصل عبر الملف هو  $(\Phi_0 +)$ . اشرح سبب ما يأتي:
- القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف مقدارها صفر عندما يكون الفيصل بقيمة  $(\Phi_0 +)$ .
- .....  
.....  
.....

- ب. يكون للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة أكبر قيمة عندما يكون الفيصل صفرًا.
- .....  
.....  
.....

٧. يوضح التمثيل البياني في الشكل ٩-٥ كيف يتغير الفيصل المغناطيسي الكلي عبر ملف ما مع مرور الزمن:



الشكل ٩-٥: للسؤال ٧. تمثيل بياني يوضح كيف يتغير الفيصل المغناطيسي الكلي عبر ملف ما مع مرور الزمن.

احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين:

أ. (100 ms) و (0 ms).

.....  
.....  
.....

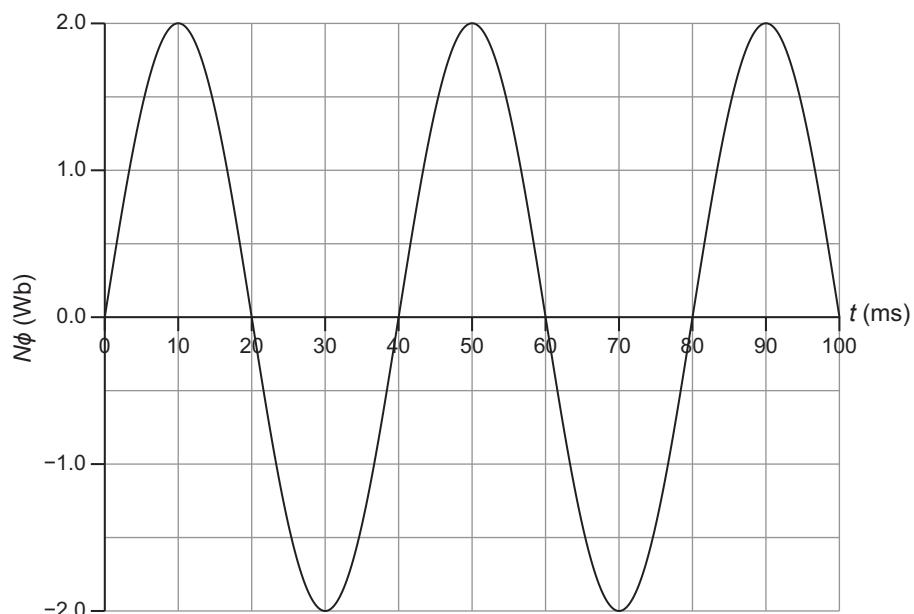
ب. (300 ms) و (100 ms).

.....  
.....  
.....

ج. (500 ms) و (300 ms).

.....  
.....  
.....

٨. يوضح التمثيل البياني في الشكل ١٠-٥ تغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف مع مرور الزمن:



الشكل ١٠-٥: للسؤال ٨. تمثيل بياني يوضح تغير الفيض المغناطيسي الكلي عبر ملف مع مرور الزمن.

أ. ما الزمن الذي تكون فيه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف  
قيمة قصوى؟

ب. ما الزمن الذي تكون فيه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف  
مساوية للصفر؟

ج. ما الكمية الفيزيائية التي يمثلها ميل منحنى التمثيل البياني؟

د. استعن بالقراءات في التمثيل البياني لتقدير القيمة القصوى للقوة الدافعة  
الكهربائية المستحثة في الملف.

هـ. إذا كانت مساحة المقطع العرضي للملف  $(1.6 \times 10^{-2} \text{ m}^2)$  ويحتوي على 500  
لفة، فاحسب القيمة القصوى لكتافة الفيصل المغناطيسي.

### مهم

يمكنك وضع مسطرة  
على طول المنحنى عند  
النقطة التي تكون فيها  
القوة الدافعة الكهربائية  
المستحثة هي الأكبر.

## &lt; الاستقصاءات العملية

## استقصاء عملي ٥-١: قياس كثافة الفيض المغناطيسي

## أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

يوضع مغناطيس على ميزان، ثم يُمرر تيار كهربائي في ملف مكون من عدة لفات موضوع بين قطبَي المغناطيس، الأمر الذي يؤدي إلى بذل قوة على الميزان، ويتم تحديد القوة من التغير في قراءة الميزان.

## ستحتاج إلى

## المواد والأدوات:

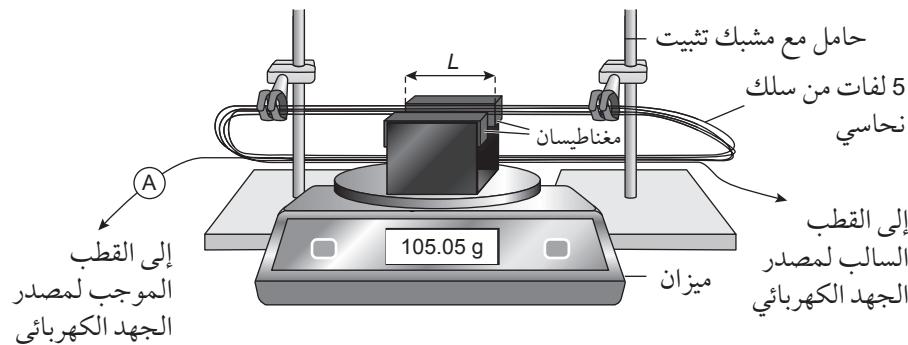
- سلك نحاسي طويل.
- مغناطيسان متشابهان وحامل على شكل حرف لـ من الحديد المطاوع.
- أميتر.
- حامل ومشابك تثبيت عدد ٢.
- أسلاك توصيل.
- ميزان رقمي ذو كفة.

## ⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة احتياطات الأمان والسلامة الواردة في بداية هذا الكتاب، واستمع لنصائح معلمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.

## الطريقة

١. قم بتركيب أدوات التجربة كما هو موضح في الشكل ٥-١١.



الشكل ١١-٥: ملف نحاسي بين مغناطيسين.

للمغناطيسين أقطاب على سطحهما المستوي بالكامل وليس في نهايتيهما. ضعهما على الحامل بحيث يواجه القطبان المختلفان أحدهما الآخر (الشمالي مقابل الجنوبي) عبر المسافة بينهما. اطلب مساعدة معلمك إذا لم تعرف وضع المغناطيسين بالشكل المطلوب.

٢. قم بقياس الطول ( $L$ ) لكل من المغناطيسين وسجلها في قسم النتائج، ثم أضف قيمة عدم اليقين المطلق في ( $L$ )، ثم سجل عدد اللفات ( $N$ ) للملف في قسم النتائج.
٣. قم بقياس وتسجيل قراءة الميزان ( $m_0$ ) قبل مرور التيار الكهربائي في قسم النتائج، ثم أضف قيمة عدم اليقين المطلق في ( $m_0$ ).
٤. قم بتشغيل مصدر الجهد الكهربائي؛ ثم قس وسجل شدة التيار الكهربائي ( $I$ ) وقراءة الميزان ( $m$ )، أوقف تشغيل مصدر الجهد الكهربائي. سجل نتائجك في جدول تسجيل النتائج ٢-٥، مضافاً قيمة عدم اليقين المطلق في ( $m$ ).
٥. كرر الخطوة ٤ للحصول على ست قيم مختلفة لشدة التيار الكهربائي.

### النتائج

$$m_0 = \dots \quad L = \dots$$

$$N = \dots$$

$m - m_0$ (g)	$m$ (g)	$I$ (A)
$\pm$	$\pm$	

الجدول ٢-٥ : جدول تسجيل النتائج.

## التحليل والاستنتاج والتقييم

### مهمٌ

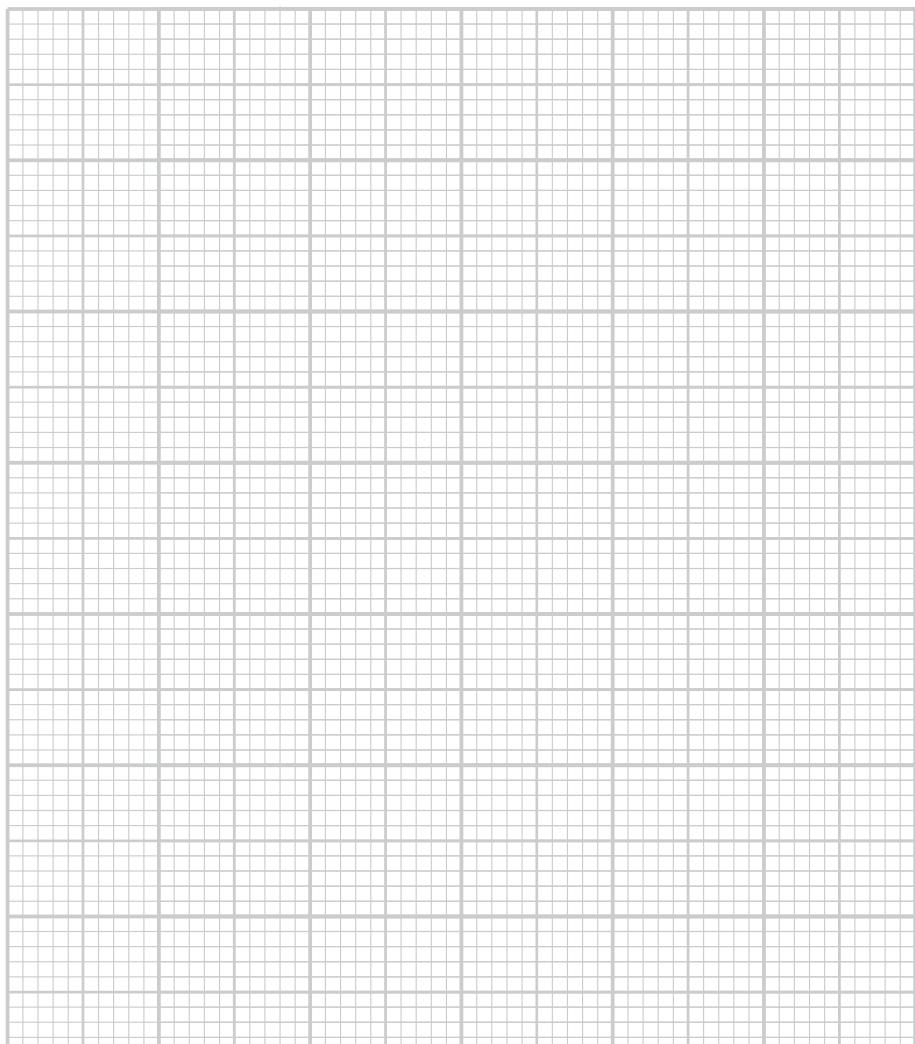
تذكّر قاعدة جمع قيم  
عدم اليقين عند طرح  
الكميّات.

- أ. احسب قيم  $(g - m_0)$  وأضفها إلى جدول تسجيل النتائج ٢-٥ . قم بتضمين  
قيم عدم اليقين لـ  $(m - m_0)$  .

### مصطلحات علمية

**كثافة الفيض المغناطيسي :** **Magnetic flux density**  
القوة المؤثرة لكل وحدة  
تيار كهربائي لكل وحدة  
طول على سلك موضوع  
بزاوية قائمة مع المجال  
المغناطيسي ووحدة  
قياسها التسلا (T) .

- ب. ارسم تمثيلاً بيانيًّا  $(g - m_0)$  على المحور (y) مقابل (A) على المحور (x).  
اعتبر أن العلاقة بين  $(m - m_0)$  و  $(I)$  هي  $(m - m_0) = NB/L$  حيث (g): تسارع السقوط الحر، و (B): كثافة الفيض المغناطيسي، و (L): طول المغناطيس، و (N): عدد لفات الملف.



ج. باستخدام المعادلة حدد ميل منحنى التمثيل البياني لـ  $(m - m_0)$  مقابل  $(I)$ .  
بدالة  $(B)$ .

$$\text{الميل} = \dots$$

د. استخدم قيمة عدم اليقين في قيم  $(m - m_0)$  لرسم أشرطة الخطأ على التمثيل البياني. ارسم الخط المستقيم الأفضل ملائمة الذي يمرّ عبر النقاط، وارسم الخط المستقيم الأسوأ ملائمة.

هـ. حدد ميل الخط المستقيم الأفضل ملائمة وميل الخط الأسوأ ملائمة. لا تحتاج إلى إعطاء وحدات. قدر قيمة عدم اليقين في قيمة الميل.

$$\text{ميل الخط الأفضل ملائمة} = \dots$$

$$\text{ميل الخط الأسوأ ملائمة} = \dots$$

$$\text{عدم اليقين في الميل} = \dots$$

و. باستخدام قيمة الميل، حدد قيمة لـ  $(B)$ . قم بتضمين الوحدات المناسبة لـ  $(B)$ .

$$B = \dots$$

ز. حدد النسبة المئوية لعدم اليقين لـ  $(B)$ .

$$\text{النسبة المئوية لعدم اليقين في } B \% = \dots$$

ح. اشرح كيف قمت بتركيب أدوات التجربة بحيث كانت قيم قراءات  $(m - m_0)$  عند أقصى قيمة.

.....

.....

.....

.....

ط. اشرح كيف يمكن زيادة قيم قراءات  $(m - m_0)$ .

.....

.....

.....

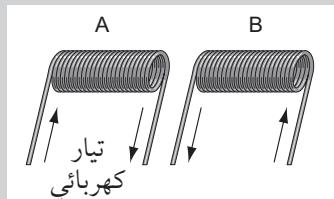
.....



أسئلة نهاية الوحدة

- أ. عرّف كثافة الفيض المغناطيسي.

ب. يوضح الشكل ١٢-٥ ملفين حلزونييّن متشابهين A و B، مع وجود تيار كهربائي في كل منهما، وموضوعين أحدهما بجانب الآخر:



الشكل ١٣-٥

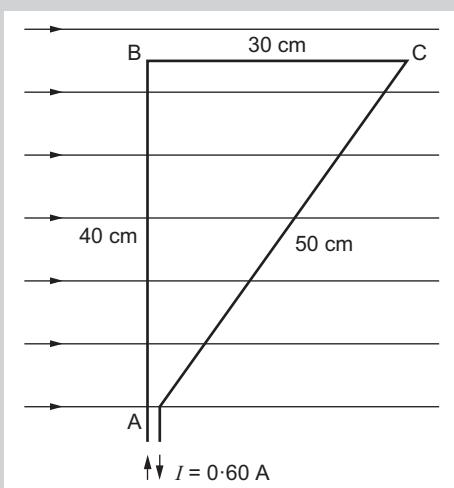
١. في الملف الحلزوني A، ما نوع القطب المغناطيسي الذي سيكون عند نهايته اليسرى؟
  ٢. كل ملف من الملفين الحلزוניَّين يؤثر بقوة مغناطيسية على الآخر. حدد ما إذا كانت القوة بينهما تجاذب أم تناصر. بُرر إجابتك.
  ٣. شدة التيار الكهربائي في الملف الحلزوني A تساوي (A)؛ وشدة التيار الكهربائي في الملف الحلزوني B تساوي (B). ماذا يمكنك أن تقول عن مقدارَيِ القوتين اللذَيْن يؤثر بهما كل مغناطيس على الآخر؟ اشرح إجابتك.

أفعال إجرائية

## :Justify ،

## ادعم الموضوع بالأدلة والحجج.

٢٠. يوضح الشكل ١٤-٥ مثلث ABC مكوناً من سلك نحاسي، موضوعاً في مجال مغناطيسي شدّته ( $T = 2.8 \times 10^{-4}$ ):



الشكل ١٤-٥

## تابع

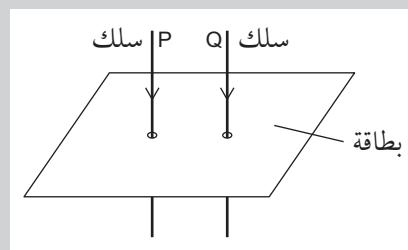
يمر في السلك تيار كهربائي مقداره (0.60 A).

أ. احسب القوة المؤثرة على الصلع AB وحدد اتجاهها.

ب. احسب القوة المؤثرة على الصلع CA وحدد اتجاهها.

ج. اشرح سبب عدم وجود قوة مؤثرة على الصلع BC.

٣. يحمل سلكان P و Q تياراً كهربائياً رأسياً باتجاه الأسفل من خلال ثقبين في بطاقة ورق مقوى، كما هو موضح في الشكل ١٥-٥. شدة التيار الكهربائي في السلك P أكبر من شدة التيار الكهربائي في السلك Q.



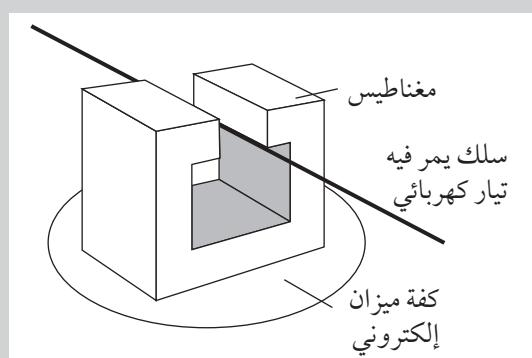
الشكل ١٥-٥

أ. ارسم نمط المجال المغناطيسي الموجود على البطاقة بالقرب من السلك الناتج عن التيار الكهربائي في Q.

ب. ١. ارسم سهماً لتوضيح اتجاه القوة المؤثرة على السلك P بسبب المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي في Q.

٢. توجد قوة مؤثرة على السلك Q بسبب المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي في السلك P. قارن القوة المؤثرة على السلك P مع القوة المؤثرة على السلك Q.

٤. وضع سلك يحمل تياراً كهربائياً في الحيز بين قطبي مغناطيس موضوع فوق ميزان إلكتروني، كما هو موضح في الشكل ١٦-٥:



الشكل ١٦-٥

### أفعال اجرائية

**قارن Compare**:  
حدّد أوجه التشابه  
و/ أو الاختلاف  
معلّقاً عليها.

يصنع السلك الذي يبلغ طوله (5.6 cm) زاوية قائمة مع المجال المغناطيسي الناتج عن قطب المغناطيس، وعند مرور التيار الكهربائي تزداد قراءة الميزان الإلكتروني بمقدار (2.6 g) عندما تكون شدة التيار الكهربائي المار في السلك (3.4 A).

أ. ما اتجاه القوة المؤثرة على السلك بسبب التيار الكهربائي؟ وضح إجابتك.

ب. احسب متوسط كثافة الفيض المغناطيسي بين قطب المغناطيس.

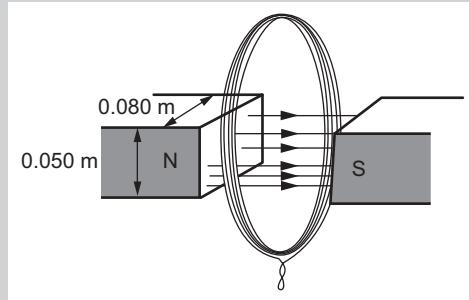
ج. ما الذي سيحدث إذا تم تحريك السلك أفقياً بزاوية  $30^\circ$  بحيث يصنع السلك زاوية  $60^\circ$  مع المجال المغناطيسي.

٥.

أ. ١. اذكر نصّ قانون لنز.

٢. لديك ملف من سلك، وأميتر حساس، وقضيب مغناطيسي. صِف تجربة بسيطة باستخدام هذه الأدوات لتوضيح قانون لنز.

ب. ينتج مغناطيس كهربائي مجالاً منتظمًا من اليسار إلى اليمين في الحيز بين قطبيه. الحيز له بعدان ( $0.050\text{ m} \times 0.080\text{ m}$ ) ولا وجود للمجال المغناطيسي خارج الفجوة. يحيط ملف دائري مكون من 40 لفة بكامل الفيض المغناطيسي، كما هو موضح في الشكل ١٧-٥.



الشكل ١٧-٥

وصلت نهايتا الملف إدراهما بالأخرى بحيث ينبع عن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تيار كهربائي في الملف.

تتحفظ شدة المجال المغناطيسي للمغناطيس الكهربائي خطياً من ( $0.15\text{ T}$ ) إلى صفر في زمن قدره (3.0 s).

١. احسب الفيض المغناطيسي الكلي الابتدائي عبر الملف.

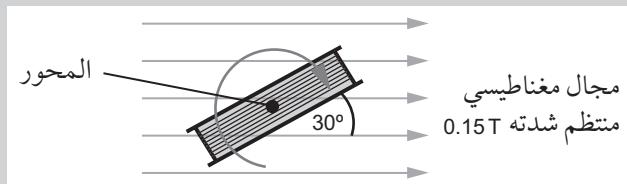
٢. احسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف عندما تتحفظ شدة المجال المغناطيسي.

### مهم

ينصّ قانون نيوتن الثالث أن القوة المؤثرة على السلك معاكسة للقوة المؤثرة على المغناطيس (وتوازنان).

## تابع

٣. ما اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ بواسطة التيار الكهربائي في الملف عندما تتحفظ شدة المجال المغناطيسي؟ وضح إجابتك.
٤. أ. اذكر نص قانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي.  
 ب. وصل ملف بقولتميتر حساس ذي شاشة عرض تماثلية (تناظرية)، والتي هي عبارة عن مؤشر يتحرك بالنسبة إلى مقياس محدد في خلفية شاشة العرض. يتم دفع قضيب مغناطيسي في الملف، ثم إيقافه، ثم إزالته بالسرعة نفسها.
٥. اذكر تأثير هذا الإجراء على قراءة القولتميتر.  
 ٦. اشرح هذه الملاحظات باستخدام قانون فارادي.
٧. يكرر الإجراء بسرعة أكبر. اذكر الاختلاف الذي تتوقع أن تراه في استجابة القولتميتر. اشرح إجابتك.
- ج. ملف مستطيل مساحة مقطعه العرضي ( $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ) وعدد لفاته 50 لفة يدور بسرعة زاوية ثابتة، ومحوره عمودي على مجال مغناطيسي منتظم شدته (T) (١٨-٥) (الشكل ١٨-٥) :



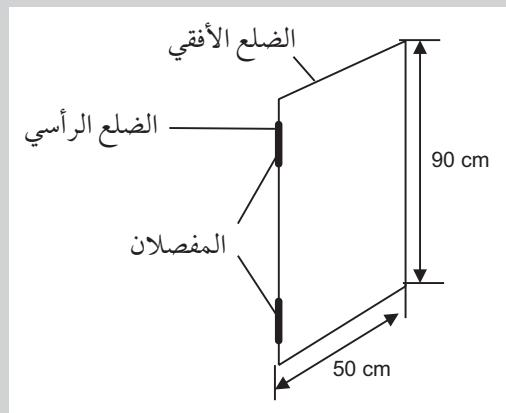
الشكل ١٨-٥

في اللحظة الموضحة بالشكل تكون الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي (30°).

١. احسب الفيصل عبر الملف في الوضع الموضح.
٢. ينتقل الملف من الوضع الموضح إلى وضع يكون فيه الفيصل عبر الملف صفرًا. يستغرق التغيير (0.25 s). احسب متوسط قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.
٣. اشرح سبب عدم ثبات القوة الدافعة الكهربائية المستحثة على الرغم من أن الملف يدور بسرعة زاوية ثابتة.

## تابع

٧. إطار نافذة من الألمنيوم معلق من مفصلين كما هو موضح في الشكل . ١٩-٥



الشكل ١٩-٥

المركبة الأفقية ( $B_x$ ) لشدة المجال المغناطيسي الأرضي تساوي  $2.0 \times 10^{-5} \text{ T}$ . عندما تكون النافذة مغلقة يكون الإطار متعمداً مع ( $B_x$ ) وعند فتح النافذة في زمن قدره (0.40 s) يدور مستوى النافذة بمقدار ( $90^\circ$ ).

- عندما كانت النافذة مغلقة، احسب الفيض المغناطيسي عبر النافذة.
- اشرح سبب تولّد قوة دافعة كهربائية مستحثة في الإطار عند فتح النافذة، مع تحديد أضلاع الإطار التي تنشأ فيها القوة الدافعة الكهربائية.
- احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في إطار النافذة عند فتحها.

تُنتج الشحنات المتحركة مجالاً مغناطيسياً؛ وهذه هي الكهرومغناطيسية.

لموصى حامل لتيار كهربائي خطوط مجال مغناطيسى على شكل دوائر متعددة المركز، بينما نمط المجال المغناطيسى للملف الحلواني يشبه نمط المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى.

تعد المسافة الفاصلة بين خطوط المجال المغناطيسى مؤشراً على شدة المجال المغناطيسى.

تحدد كثافة الفيصل المغناطيسى ( $B$ ) بالمعادلة:

$$B = \frac{F}{IL}$$

حيث ( $F$ ): القوة المؤثرة على الموصى الحامل لتيار الكهربائي، و ( $I$ ): شدة التيار الكهربائي في الموصى و ( $L$ ): طول الموصى في المجال المغناطيسى المنتظم.

وحدة قياس كثافة الفيصل المغناطيسى هي تسلا (T)، وتكافئ ( $1 \text{ T} = 1 \text{ N A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ).

تُعطى القوة المغناطيسية المؤثرة على موصى حامل لتيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسى بالمعادلة:

$$F = BIL \sin \theta$$

يمكن استخدام القوة المؤثرة على موصى حامل لتيار كهربائي لقياس كثافة فيصل مجال مغناطيسى.

يعطى الفيصل المغناطيسى ( $\Phi$ ) الذي يمر عبر مساحة المقطع العرضي ( $A$ ) في مجال مغناطيسى وكثافة فيصله المغناطيسى ( $B$ ) من خلال المعادلة:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

الفيصل المغناطيسى الكلى =  $N \times$  الفيصل المغناطيسى

.  $N\Phi = BAN \cos \theta = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ T m}^2$ .

يقيس كل من الفيصل المغناطيسى الكلى والفيصل المغناطيسى بالوليبر (Wb).

تتولد قوة دافعة كهربائية مستحثة في دائرة ما عندما يكون هناك تغير في الفيصل المغناطيسى الكلى بالنسبة إلى الزمن.

ينص قانون فارادي على أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة يساوى معدل تغير الفيصل المغناطيسى الكلى.

$$\varepsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$$

ينص قانون لنز على أن التيار الكهربائي المستحث أو القوة الدافعة الكهربائية المستحثة يكونان باتجاه بحيث ينتج عنهما تأثيرات تقاوم التغير الذي أنتاجهما.

يمكن كتابة معادلة قانوني فارادي ولنز على النحو الآتى:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$$

## أسئلة نهاية الوحدة

- ١ سلك يحمل تياراً كهربائياً وموضع بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه المغناطيسي ( $B$ ). فعندما تكون شدة التيار الكهربائي في السلك ( $I$ )، فإن القوة المغناطيسية التي تؤثر على السلك تساوي ( $F$ ).

ما القوة المؤثرة على سلك آخر موضع في الاتجاه نفسه للسلك الأول، إذا أصبحت شدة المجال المغناطيسي  $2B$  وشدة التيار  $\frac{I}{4}$ ؟

- أ.  $\frac{F}{4}$       ب.  $\frac{F}{2}$       ج.  $2F$       د.  $4F$

- ٢ يسري تيار كهربائي في سلك كتلته لكل وحدة طول ( $40 \text{ g m}^{-1}$ ). تم وضع السلك في مجال مغناطيسي شدته ( $0.50 \text{ T}$ ). فازدادت شدة التيار تدريجياً حتى ارتفع السلك تماماً عن الأرض، فما قيمة شدة التيار الكهربائي عند حدوث ذلك؟

- أ.  $0.080 \text{ A}$       ب.  $0.20 \text{ A}$       ج.  $0.78 \text{ A}$       د.  $780 \text{ A}$

تم وضع سلك يحمل تياراً كهربائياً في مجال مغناطيسي منتظم.

- أ. صِف كيف يجب وضع السلك ليتأثر بأقصى قوة بسبب المجال المغناطيسي.  
ب. صِف كيف يجب وضع السلك بحيث لا يتأثر بأي قوة بسبب المجال المغناطيسي.

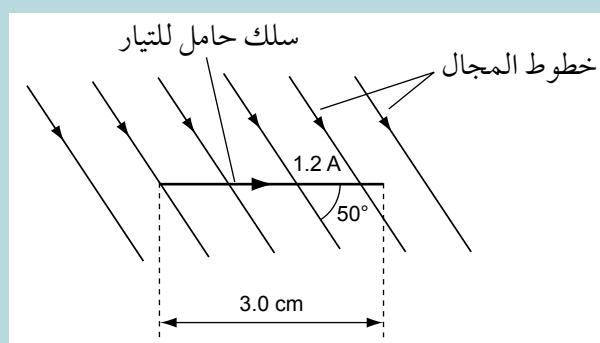
- ٤ تم وضع موصل حامل لتيار كهربائي بزاوية قائمة مع مجال مغناطيسي منتظم، فأثرت عليه قوة مقدارها ( $N \times 10^{-3} \times 4.70$ ). حدد مقدار القوة المؤثرة على السلك عندما:

أ. تزداد شدة التيار الكهربائي في السلك إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه.

ب. تختفي كثافة الفيض المغناطيسي إلى النصف.

ج. يقل طول السلك في المجال المغناطيسي إلى 40% من طوله الأصلي.

- ٥ سلك نحاسي يحمل تياراً كهربائياً شدته ( $1.2 \text{ A}$ ), وطوله ( $3.0 \text{ cm}$ ) تم وضعه في مجال مغناطيسي منتظم، كما هو مبين في الشكل ٤٩-٥.



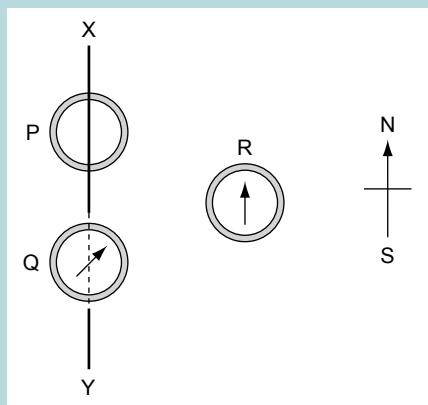
الشكل ٤٩-٥

تبلغ القوة المؤثرة على السلك ( $N = 3.8 \times 10^{-3}$ ) عندما تكون الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسي ( $50^\circ$ ).

أ. احسب كثافة الفيصل المغناطيسي.

ب. ما اتجاه القوة المؤثرة على السلك؟

٦ يبيّن الشكل ٥٠-٥ السلك XY الذي يحمل تياراً كهربائياً مستمراً. وُضعت بوصلة R بجانب السلك، وهي تشير إلى الشمال. وُضعت البوصلة P أسفل السلك وُضعت البوصلة Q فوق السلك.



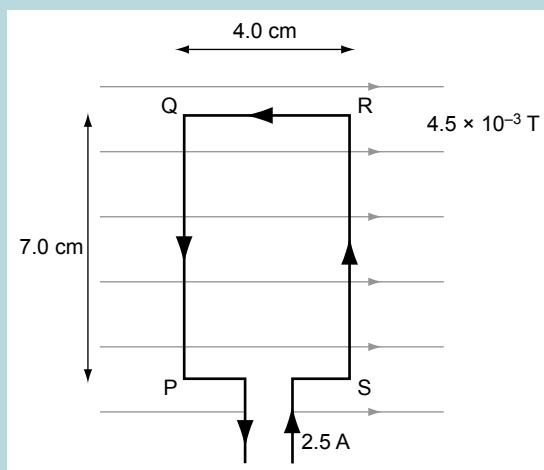
الشكل ٥٠-٥

أ. ما اتجاه التيار الكهربائي المار في السلك؟

ب. ما الاتجاه الذي تشير إليه البوصلة P؟

ج. حدد الاتجاه الذي تشير إليه البوصلة Q إذا انعكس اتجاه التيار الكهربائي المار في السلك.

٧ يبيّن الشكل ٥١-٥ إطاراً فلزياً مستطيلًا PQRS موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم.



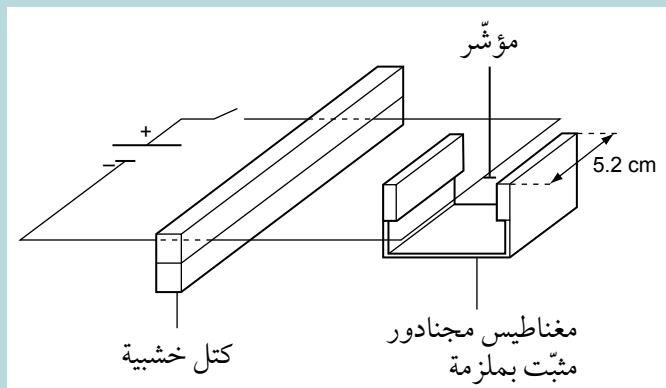
الشكل ٥١-٥

كثافة الفيصل المغناطيسي ( $T = 4.5 \times 10^{-3}$ ) وشدة التيار الكهربائي في الإطار الفلزي ( $A = 2.5$ ).

## تابع

- أ. احسب القوة المؤثرة على ضلع الإطار  $PQ$ .  
 ب. اقترح سبب عدم تأثر ضلع الإطار  $QR$  بأي قوة.  
 ج. صف حركة الإطار مباشرةً بعد مرور التيار الكهربائي في الإطار.

**٨** يُبيّن الشكل ٥٢-٥ إطاراً من سلك حامل لتيار كهربائي موضوعاً بين زوج من مغناطيس مجنادور المثبتة بحامل على شكل حرف U من الحديد المطاوع. ومؤشر متصل بالسلك.



الشكل ٥٢-٥

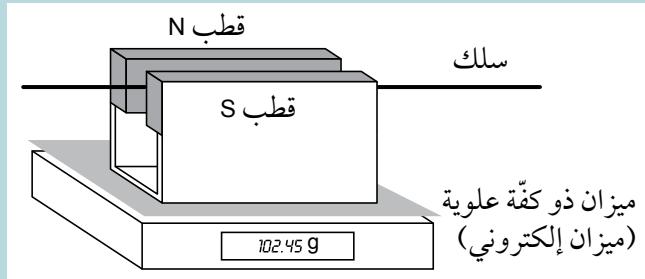
يتسبب تيار كهربائي شدته ( $8.5\text{ A}$ ) مارّ في السلك بتحريك المؤشر رأسياً إلى الأعلى. عُلق شريط ورقي صغير بالمؤشر وضُبطت شدة التيار الكهربائي حتى أدى وزن الشريط الورقي إلى عودة المؤشر إلى وضعه الابتدائي (عندما كان من دون تيار كهربائي ومن دون شريط ورقي). إذا كانت كتلة الشريط الورقي ( $60\text{ mg}$ ), وطول جزء السلك بين قطبي المغناطيس ( $5.2\text{ cm}$ ):

- أ. ما اتجاه المجال المغناطيسي؟  
 ب. احسب القوة المؤثرة على السلك بسبب المجال المغناطيسي عندما كان يحمل تياراً كهربائياً شدته ( $8.5\text{ A}$ ).

ج. احسب كثافة الفيض المغناطيسي للمجال المغناطيسي بين قطبي المغناطيس.  
 د. صِف ما يحدث للإطار في حالة مرور تيار كهربائي متعدد عبر السلك بتعدد منخفض.  
**٩**  
 أ. يتاسب مقدار القوة المؤثرة على سلك يحمل تياراً كهربائياً في مجال مغناطيسي طردياً مع شدة التيار في السلك. صِف مع التوضيح بمخطط كيف يمكن إثبات ذلك عملياً في مختبر المدرسة.  
 ب. مقدار المركبة الأفقية  $B_x$  للمجال المغناطيسي الأرضي في نصف الكرة الشمالي عند نقطة معينة على سطح الأرض تساوي ( $T = 1.6 \times 10^{-5}$ ), وُضعت قطعة من سلك طولها ( $3.0\text{ m}$ ) وزنها ( $0.020\text{ N}$ ) على منضدة في المختبر باتجاه شرق-غرب. يرتفع السلك تماماً عن سطح المنضدة عندما يتدفع عبره تيار كهربائي كبير في السلك.

١. ما اتجاه التيار الكهربائي المار في السلك؟  
 ٢. احسب أقل شدة تيار كهربائي يلزم لرفع السلك عن المنضدة.

- ١٠ يبيّن الشكل ٥٣-٥ سلّكاً أفقياً ثابتاً يمر مركزيّاً بين قطبَي مغناطيس دائم موضع على ميزان ذي كفة علوية (ميزان إلكتروني).



الشكل ٥٣-٥

يسجل الميزان كتلة مقدارها (g) 102.45 عندما لا يتدفق تيار كهربائي في السلك. وعندما يتدفق تيار كهربائي شدته (A) 4.0 في السلك، يسجل الميزان كتلة مقدارها (g) 101.06.

- أ. اشرح سبب انخفاض قراءة الميزان ذي الكفة العلوية (الميزان الإلكتروني) عندما يتدفق التيار الكهربائي.
- ب. ما اتجاه تدفق التيار الكهربائي في السلك؟ اشرح ذلك.
- ج. إذا كان طول السلك في المجال المغناطيسي (cm) 5.0. فاحسب متوسط كثافة الفيض المغناطيسي بين قطبَي المغناطيس.
- د. ارسم تمثيلاً بيانيًّا لقراءة الميزان على المحور الرأسي (a) وشدة التيار الكهربائي على المحور الأفقي (x)، لتبيّن كيف تتغيّر قراءة الميزان عندما تتغيّر شدة التيار الكهربائي.

١١

أي الوحدات الآتية غير صحيحة للفيض المغناطيسي؟

- أ.  $\text{Wb}$       ب.  $\text{T m}^2$       ج.  $\text{T}$       د.  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$

١٢

يعتقد محمود أن التيار الكهربائي يمر عبر القلب الحديدي في المحول إلى الملف الثانوي. صِف كيف يمكنك تصحيح هذا الاعتقاد، وشرح كيف يُسْتَحْثَث التيار الكهربائي فعلاً في الملف الثانوي. استخدم قانون فارادي في شرحك.

١٣

ملف مربع الشكل طول ضلعه (cm) 5.0 مكون من 100 لفة. وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (T) 20، بحيث يكون الفيض عمودياً على مستوى الملف.

- أ. احسب الفيض عبر الملف.
- ب. إذا أخرج الملف من المجال المغناطيسي في زمن قدره (s) 0.10. احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية (E) المستحثة فيه.

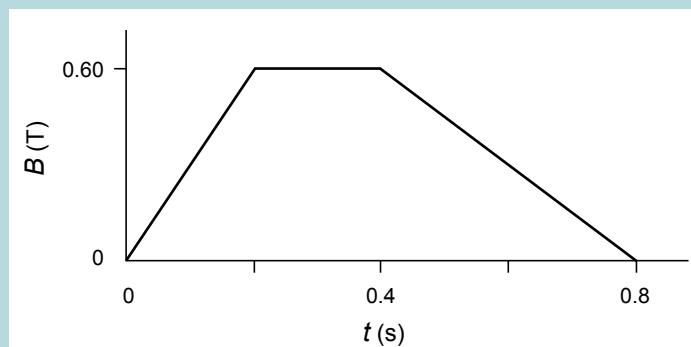
١٤ طائرة طول جناحها (40 m) تطير أفقياً بسرعة  $(300 \pm 10) \text{ m s}^{-1}$  في منطقة تكون فيها المركبة الرأسية  $B_y$  للمجال المغناطيسي الأرضي تساوي  $(5.0 \times 10^{-5} \text{ T})$ .

احسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين طرفي جناح الطائرة. ضمن قيمة عدم اليقين المطلق في إجابتك.

١٥ يبيّن الشكل ٤٥-٥ الفيض المغناطيسي الكلي والقوة الدافعة الكهربائية المستحثة طالما أن الملف يدور. اشرح السبب في أن قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تكون أقصى ما يمكن عندما لا يكون هناك فيض مغناطيسي كلي، وتكون صفرًا عندما تكون قيمة الفيض المغناطيسي الكلي عظمى.

أ. اشرح المقصود بفيض مغناطيسي كلي مقداره (1 Wb).

ب. يبيّن الشكل ٥٤-٥ تمثيلاً بيانيًّا لكتافة الفيض المغناطيسي خلال ملف مكوّن من 240 لفة، ومساحة مقطعه العرضي  $(1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$  مقابل الزمن.



الشكل ٥٤-٥

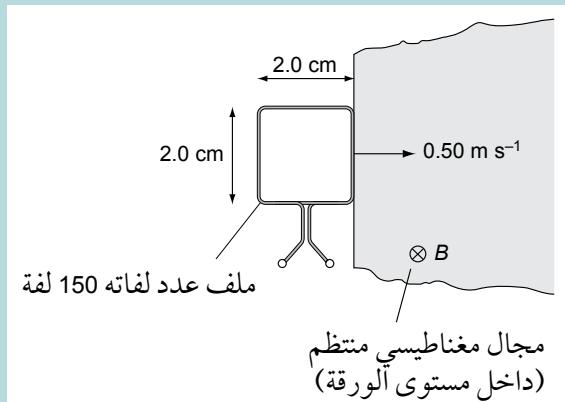
١. حدد القيمة القصوى لمعدل تغيير الفيض المغناطيسي في الملف.

٢. حدد القيمة القصوى لمقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف.

٣. ارسم تمثيلاً بيانيًّا يظهر تغيير القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مع الزمن. ضع قيمًا على كل من محور القوة الدافعة الكهربائية المستحثة ومحور الزمن.

١٧

بيّن الشكل ٥٥-٥ ملفاً مربعاً على وشك الدخول إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه المغناطيسي ( $T$ ) ٠.٣٠. ويتجه المجال المغناطيسي بزاوية قائمة على مستوى الملف. يتكون الملف من ١٥٠ لفة، وطول كل ضلع فيه (٢.٠ cm)، ويتحرك الملف بسرعة ثابتة مقدارها (٠.٥٠  $m s^{-1}$ ).



الشكل ٥٥-٥

أ. احسب الزمن الذي يستغرقه الملف للدخول كاملاً إلى منطقة المجال المغناطيسي.

ب. احسب مقدار الفيض المغناطيسي الكلي خلال الملف عندما يكون بالكامل داخل منطقة المجال المغناطيسي.

ج. اشرح السبب في أن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة ثابتة في أثناء دخول الملف المجال المغناطيسي.

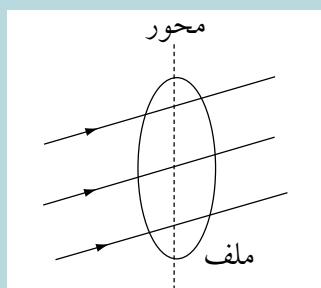
د. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة عبر نهاية الملف عندما يكون الملف بالكامل داخل المجال المغناطيسي؟

هـ. ارسم تمثيلاً بيانيًّا لتظهر تغير القوة الدافعة الكهربائية المستحثة مع مرور الزمن من لحظة دخول الملف إلى المجال المغناطيسي. يجب أن يبدأ محور الزمن من (٠ s) إلى (٠.٠٨ s).

أ. اذكر نص قانون فارادي للحق الكهرومغناطيسي.

ب. يظهر الشكل ٥٦-٥ ملفاً دائرياً قطره (٢٠٠ mm) وعدد لفاته ٦٠٠ لفة. وضع مستوى عمودياً على مجال مغناطيسي أفقي منتظم كثافة فيضه المغناطيسي (٥٠ mT). دُور الملف بزاوية (٩٠°) حول محور رأسي في زمن (١٢٠ ms).

١٨



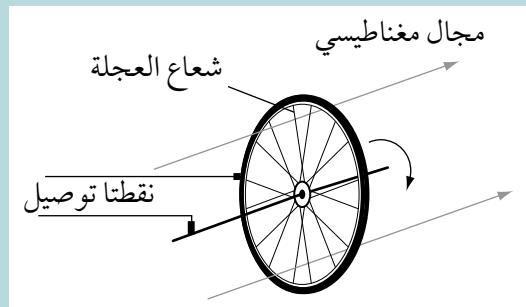
الشكل ٥٦-٥

## تابع

احسب:

١. الفيض المغناطيسي الذي يمر عبر الملف قبل الدوران.
٢. التغير في الفيض المغناطيسي الكلي الناتج من الدوران.
٣. متوسط مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف في أثناء الدوران.

١٩ ثُبّتت عجلة دراجة رأسياً على محور فلزي في مجال مغناطيسي أفقي، كما هو مبيّن في الشكل ٥٧-٥. تم وضع نقطتين توصيل منزلاقتين على الإطار الفلزي للعجلة وعلى المحور الفلزي.



الشكل ٥٧-٥

- أ. لماذا تستحدث قوة دافعة كهربائية عندما تدور العجلة؟ اشرح إجابتك.
  - ب. اذكر طريقتين يمكن زيادة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة من خلالهما وشرحهما.
- ب. يبلغ نصف قطر العجلة (15 cm)، وتدور خمس مرات في الثانية. بافتراض أن كثافة الفيض المغناطيسي منتظم وقيمته ( $T = 5.0 \times 10^{-3}$ ). احسب:
١. المساحة التي يمسحها شعاع عجلة واحد في كل ثانية.
  ٢. القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بين نقطتي التوصيل.

**قائمة تقييم ذاتي**

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدماً	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلىبذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			١-٥	أفهم أن المجال المغناطيسي هو مجال قوة ناتج عن شحنات متحركة أو مغناطيس دائئن ويمثل بخطوط المجال.
			١-٥	أرسم أنماط خطوط المجال المغناطيسي بسبب التيارات الكهربائية في سلك مستقيم طويل، وملف دائري وملف حلزوني طويل.
			١-٥	أفهم أن المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في ملف حلزوني يمكن زيادته بواسطة قلب حديدي.
			٣-٥	أفهم القوى المؤثرة على موصل حامل لتيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي.
			٤-٥ ، ٢-٥	استخدم المعادلة $F = BIL \sin \theta$ ، وأستخدم قاعدة فليرننج لليد اليسرى لتحديد الاتجاهات.
			٣-٥	أعرّف كثافة الفيض المغناطيسي.
			٥-٥	أعرّف الفيض المغناطيسي $\Phi$ .
			٥-٥	استخدم الصيغة الآتية: $\Phi = BA \cos \theta$
			٥-٥	أعرّف مفهوم الفيض المغناطيسي الكلي وأستخدمه.
			٥-٥	أفهم التجارب التي تنتج قوة دافعة كهربائية مستحبة في الدوائر وأشار إليها.
			٨-٥ ، ٧-٥ ، ٦-٥	أتذكر نص قانوني فارادي ولنز في الحث الكهرومغناطيسي وأستخدم المعادلة: $\epsilon = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$

- الزوج (أ) سيتافران، والزوج (ب) سيتجادران.  
أ. القوة صفر.

- ب. القوة متوجهة إلى داخل مستوى الصفحة.  
ج. القوة متوجهة إلى أسفل الصفحة.  
القوة:

$$F = BIL = 0.06 \times 0.20 \times 2.50 = 0.030 \text{ N}$$

بإعادة ترتيب معادلة القوة  $F = BIL$  للحصول على  
كثافة الفيصل المغناطيسي:

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.015}{1.5 \times 0.20} = 0.050 \text{ T}$$

- أ. شدة التيار الكهربائي:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{ne}{t} = 10^{18} \times \frac{1.60 \times 10^{-19}}{1} = 0.16 \text{ A}$$

- ب. القوة:

$$F = BIL = 0.005 \times 0.16 \times 0.50$$

$$= 4.0 \times 10^{-4} \text{ N (0.40 mN)}$$

- أ. سيميل جانب السلك في المجال المغناطيسي  
إلى الأعلى.

- ب. سيميل إلى الأسفل.

- ج. سيحاول أن يتحرك أفقياً إلى داخل  
مغناطيس حذوة الحصان.

- د. لا يتحرك.

هناك قوة تؤثر على الميزان إلى الأسفل وقوة  
تؤثر على السلك إلى الأعلى يسببها وجود التيار  
الكهربائي في المجال المغناطيسي (قاعدة اليد  
اليسرى لفليمنج).

مقدار القوة المؤثرة على السلك:

$$F = 2.0 \times 10^{-3} \times 9.81 = 2.0 \times 10^{-2} \text{ N}$$

لإنتاج قوة إلى الأسفل يجب أن يكون اتجاه التيار  
الكهربائي في السلك من اليسار إلى اليمين.

## إجابات كتاب الطالب

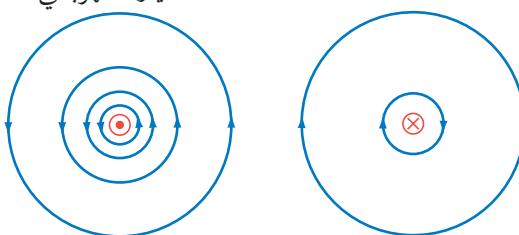
### العلوم ضمن سياقها

- ينشئ الملف الحلزوني في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي مجالاً مغناطيسياً بشكل مذهل، فـأي مادة مغناطيسية (على سبيل المثال حديد/ أجسام فولاذية) يمكن أن تُجذب نحو جهاز التصوير. ويمكنك أن تخيل المشكلة التي قد يسببها هذا الأمر!

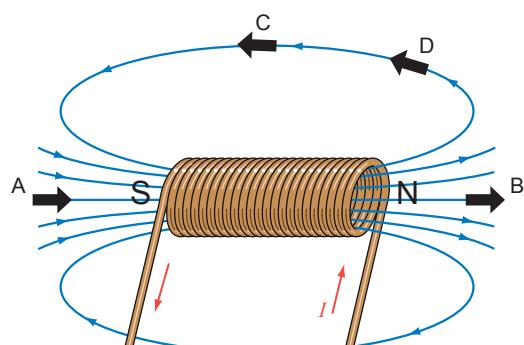
- تسمح المواد فائقة التوصيل لشدة تيار كهربائي كبير جداً بالتدفق خلالها ما دامت لها مقاومة منخفضة جداً. تناسب شدة المجال المغناطيسي طردياً مع شدة التيار الكهربائي، لذلك يمكن استخدام تيارات كبيرة الشدة لإنشاء المجالات المغناطيسية القوية جداً والمطلوبة لجهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

### إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. يتتدفق التيار الكهربائي إلى  
خارج الورقة، تضاعفت  
شدة التيار الكهربائي  
إلى داخل الورقة



٢. تكون خطوط المجال المغناطيسي أقرب بعضها إلى بعض لتبيّن أن المجال المغناطيسي أقوى.



١٠. القوة:

لأن اتجاه خطوط المجال المغناطيسي تتعكس هناك.

**١٦.** الفيض المغناطيسي  $= BA$ , فالمغناطيس الأقوى يعني فيض مغناطيسي كلي عبر الملف أكبر وبالتالي قوة دافعة كهربائية مستحثة أكبر. أما الحركة الأسرع فتعني معدل تغير في الفيض المغناطيسي أكبر، وبالتالي قوة دافعة كهربائية مستحثة أكبر.

**١٧.** السلك يتحرّك باتجاه مواز لخطوط المجال المغناطيسي؛ فلا تقطع خطوط المجال المغناطيسي. أو بدلاً من ذلك، لا يوجد تغير في الفيض المغناطيسي؛ لذلك لا توجد قوة دافعة كهربائية مستحثة.

**١٨.** أ. يحدّد التردد بواسطة سرعة دوران المغناطيس الكهربائي.

**ب.** تتأثر القوة الدافعة الكهربائية المستحثة بكثافة الفيض المغناطيسي للمغناطيس الكهربائي وعدد اللفات في الملف، ومساحة المقطع العرضي للملف. وتتأثر القوة الدافعة الكهربائية المستحثة كذلك بسرعة الدوران، ولكن في هذه الحالة ثبتت عند (50 Hz).

**١٩.** الفيض المغناطيسي:

$$\begin{aligned}\Phi &= BA = 0.15 \times 0.01 \times 0.015 \\ &= 2.25 \times 10^{-5} \text{ Wb} \approx 2.3 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

**٢٠.** أ. الفيض المغناطيسي الكلي:

$$\begin{aligned}N\Phi &= NBA \\ &= \frac{NB\pi d^2}{4} = \frac{200 \times 2.0 \times 10^{-3} \times \pi \times (0.05)^2}{4} \\ &= 7.9 \times 10^{-4} \text{ Wb}\end{aligned}$$

**ب.** النسبة المئوية لعدم اليقين في  $N\Phi$  = النسبة المئوية لعدم اليقين في  $A$

$$F = BIL = 0.005 \times 2.4 \times 0.50$$

$$= 6.0 \times 10^{-3} \text{ N} (6.0 \text{ mN})$$

**١١.** أ. تذكر أن هناك 200 لفة: القوة على كل ضلع:

$$F = BIL = 0.05 \times 1.0 \times 200 = 2.0 \text{ N}$$

**ب.** يكون بوضعية بحيث يدور على طول خط مواز لضلع واحد مع المجال المغناطيسي في المستوى نفسه للملف.

**١٢.** a. القوة:

$$\begin{aligned}F &= BIL \sin \theta = 0.25 \times 3.0 \times 0.50 \times \sin 90^\circ \\ &= 0.375 \text{ N} \approx 0.38 \text{ N}\end{aligned}$$

b. القوة:

$$\begin{aligned}F &= BIL \sin \theta = 0.25 \times 3.0 \times 0.50 \times \sin 45^\circ \\ &= 0.265 \text{ N} \approx 0.27 \text{ N}\end{aligned}$$

**c.** بما أن اتجاه التيار الكهربائي مواز للمجال المغناطيسي، لذلك القوة:  $F = 0 \text{ N}$  لكل من (a) و (b) يكون اتجاه القوة إلى داخل مستوى الورقة.

**١٣.** تقطع خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس الدوار الأسلاك الثابتة للملف، وبالتالي تستحدث قوة دافعة كهربائية، وسيضيء التيار الكهربائي المستحث في الملف المصباح المتصل بالمولد.

**١٤.** يتتدفق التيار الكهربائي المستحث من A إلى B ومن C إلى D، لذلك تكون Z موجبة؛ ولذلك يتتدفق التيار الكهربائي من Z إلى X في الدائرة الخارجية لجعل التيار الكهربائي يتتدفق من A إلى B في داخل الملف.

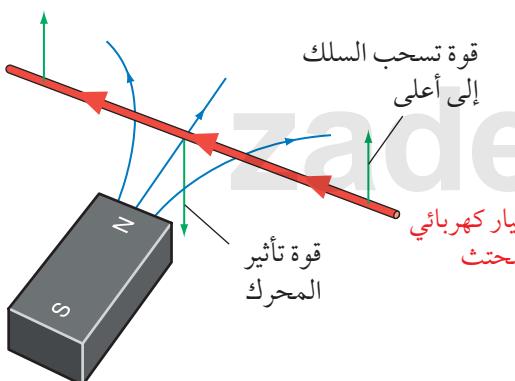
**١٥.** يكون الجناح الأيسر موجباً في نصف الكرة الشمالي، ويكون سالباً في نصف الكرة الجنوبي؛

وبإعادة الترتيب نحصل على  $B$ :

$$B = \frac{\epsilon \Delta t}{AN} = \frac{0.40 \times 0.20}{12 \times 10^{-4} \times 2000} = 0.33 \text{ T}$$

٢٥. أ. التوقف عن دفع المغناطيس يعني أنه لا يوجد تغير في الفيض المغناطيسي الكلي، لذلك لا يتولد تيار كهربائي، وبالتالي لا تتشكل أقطاب مغناطيسية ولا يُبذل شغل، لأنه لا يوجد حركة.

- ب. سحب المغناطيس يعني أن الفيض المغناطيسي في الفيض المغناطيسي الكلي يتناقص، ويصبح قطب الملف الحلزوني القريب من المغناطيس جنوبًا، لذلك يجذب كل من القطبين الآخرين، فيُبذل شغل عند سحب المغناطيس لإبعاده عن الملف.



٢٦.

٢٧. أ. لأنه يوجد زيادة مفاجئة في الفيض المغناطيسي الكلي في الملف، لذلك وبناءً على قانون فارادي فإنّه ينتج قوة دافعة كهربائية مستحثة.

- ب. لأنه لا يوجد تغير في الفيض المغناطيسي الكلي في الملف عندما يكون المغناطيس بكامله داخل الملف، لذلك لا توجد قوة دافعة كهربائية مستحثة (ملاحظة: سيحدث القطب الأمامي للمغناطيس قوة دافعة كهربائية مستحثة في اللفات التي يمر بها، في حين سيحدث القطب الخلفي قوة دافعة كهربائية

النسبة المئوية لعدم اليقين في نصف القطر:

$$= \frac{0.2}{5.0} \times 100\% = 4.0\%$$

النسبة المئوية لعدم اليقين في  $N\Phi$ :

$$= 2 \times 4.0\% = 8.0\%$$

قيمة عدم اليقين المطلق في الفيض المغناطيسي الكلي:

$$= 0.08 \times 7.9 \times 10^{-4} = 0.6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

٢١. الفيض المغناطيسي الكلي:

$$N\Phi = NBA$$

$$= 120 \times 1.2 \times 0.05 \times 0.075 = 0.54 \text{ Wb}$$

٢٢. معدل التغير في المساحة =  $Lv$ :

معدل التغير في الفيض المغناطيسي:

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(NBA)}{\Delta t}$$

$$= B \times (Lv) = BLv \quad (N = 1)$$

قانون فارادي: مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة = معدل التغير في الفيض المغناطيسي الكلي. لذلك،  $\epsilon = BLv$

٢٣. التغير في الفيض المغناطيسي =  $B \times$  التغير في المساحة

$$\Delta(N\Phi) = 1.5 \times (0.10 \times 0.02) = 3.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

استخدم قانون فارادي لتحديد القوة الدافعة

الكهربائية المستحثة:

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{3.0 \times 10^{-3}}{0.50} = 6.0 \times 10^{-3} \text{ V}$$

بدلاً من ذلك يمكنك استخدام  $\epsilon = BLv$ :

$$v = \frac{0.02}{0.50} = 0.040 \text{ m s}^{-1}$$

$$B = 1.5 \text{ T}$$

$$L = 0.10 \text{ m}$$

٢٤. يعطي قانون فارادي القوة الدافعة الكهربائية المستحثة:

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{BAN}{\Delta t}$$

$B$  أكبر تعني أن الفيصل المغناطيسي أكبر، لذلك تكون  $\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$  أكبر، وبالتالي  $B \propto \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$ .

$A$  أكبر تعني أن الفيصل المغناطيسي أكبر، لذلك تكون  $\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$  أكبر، وبالتالي  $A \propto \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$ .

$N$  أكبر تعني أن الفيصل المغناطيسي الكلي أكبر، لذلك تكون  $\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$  أكبر، وبالتالي  $N \propto \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$ .

$f$  أكبر تعني أن معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي أكبر، لذلك تكون  $\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$  أكبر، وبالتالي  $f \propto \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}$ .

يكون الفيصل المغناطيسي الكلي لمصدر التيار الكهربائي المستمر ثابتاً، أي لا يوجد تغير في الفيصل المغناطيسي، وبالتالي لا توجد قوة دافعة كهربائية مستحثة وفقاً لقانون فارادي.

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

.١. ب

.٢. ج

.٣. أ. (تعطى القوة  $F = BIL \sin \theta$ )

تكون القوة قصوى عندما تكون الزاوية  $\theta$  بين السلك والمجال المغناطيسي  $90^\circ$  (أي عندما يكون السلك عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي أي  $\sin \theta = 1$ ).

.٤. ب. تكون القوة صفرًا عندما تكون الزاوية  $\theta$  بين السلك والمجال المغناطيسي  $0^\circ$  (أي يكون السلك موازياً للمجال المغناطيسي).

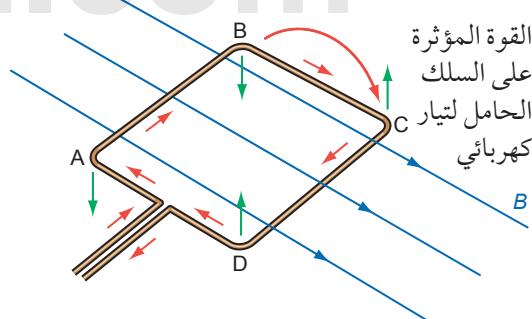
.٥. أ.  $F = BIL \propto I$  (شدة التيار الكهربائي  $\propto F$ )، لذلك، تزداد القوة بعامل 3.0 لتصل إلى القيمة  $1.41 \times 10^{-2} \text{ N}$ .

.٦. ب.  $F = BIL \propto \Delta B$  (القوة  $\propto$  التغير في كثافة الفيصل المغناطيسي)، لذلك، تتحفظ القوة إلى النصف أي إلى القيمة  $2.35 \times 10^{-3} \text{ N}$ .

مستحثة في اللفات التي يمر بها مساوية لها بالقدر ومحاكسة لها بالاتجاه).

.٧. ج. عندما يترك المغناطيس الملف، فإن الفيصل المغناطيسي الكلي في الملف ينخفض، لذلك تعكس القوة الدافعة الكهربائية المستحثة (إشارة سالبة)، أي يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة معاكساً (قانون لنز)؛ تكون ذروة القوة الدافعة الكهربائية أكبر، لأن المغناطيس يتحرك أسرع عندما يترك الملف (بسبب تسارع الجاذبية الأرضية)؛ ويكون معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي أكبر.

.٨. عندما تكون المصايب مضاءة، سوف تبذل شغلاً ضد قوة تأثير المحرك الناتجة عن التيار الكهربائي المستحث؛ في حين عندما تكون المصايب مطفأة، فإنه لا يوجد تيار كهربائي مستحث (ومع ذلك توجد قوة دافعة كهربائية مستحثة) ولكن لا توجد قوة تأثير المحرك.



.٩. .١٠. يتولد تيار كهربائي متعدد، إذ يدور عادة قضيب مغناطيسي داخل ملف ثابت، فعندما يعبر القطب الشمالي أحد أضلاع الملف، يتدفق التيار الكهربائي باتجاه معين، وعندما يعبر القطب الجنوبي الضلع نفسه فإن التيار الكهربائي يعكس اتجاهه.

.١١. حسب قانون فارادي فإن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تتغير بتغير هذه الكميات كالتالي:

- لذلك يدور الإطار مع اتجاه عقارب الساعة (عندما ينظر إليه من طرف الصلب PS).  
**٨.** أ. يتوجه المجال المغناطيسي من اليسار إلى اليمين.

**ب.** القوة = وزن الشريط الورقي

$$F = mg = 60 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 9.81$$

$$= 5.89 \times 10^{-4} \text{ N} \approx 5.9 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{5.89 \times 10^{-4}}{8.5 \times 0.052}$$

$$= 1.33 \times 10^{-3} \text{ T} \approx 1.3 \text{ mT}$$

**ج.**

- د.** سوف يتحرك الإطار إلى الأعلى وإلى الأسفل ببطء.

- ٩.** أ. يبيّن المخطط سلكًا ومجلاً مغناطيسيًا وطريقة لقياس القوة (مثلاً المخططات المشابهة إما للشكل ١٠-٥ أو ١١-٥ الوارد في كتاب الطالب).

قس شدة التيار الكهربائي  $I$  ومقدار القوة  $F$ ، ويمكن أن تكون طريقة قياس القوة على سبيل المثال، بأخذ الفرق في قراءة ميزان الكفة العلوية (للميزان الإلكتروني) (بوحدة kg) مضروباً في 9.81

قس طول السلك  $L$  الذي يحقق زاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.

$$B = \frac{F}{IL}$$

- ب.** ١. باستخدام قاعدة اليد اليسرى، يكون المجال المغناطيسي أفقياً نحو الشمال، وتكون القوة نحو الأعلى وبذلك يكون التيار الكهربائي من الغرب إلى الشرق.

$$I = \frac{F}{BL}$$

$$= \frac{0.02}{1.6 \times 10^{-5} \times 3.0} = 417 \approx 420 \text{ A}$$

- ١٠.** أ. لأن السلك يحمل تياراً كهربائياً في مجال مغناطيسي، لذلك يواجه قوة؛ ويكون اتجاه

- ج.**  $F = BIL \propto \Delta L$  (القوة  $\propto$  طول السلك في المجال المغناطيسي)، لذلك تنخفض القوة إلى 40% من قيمتها الابتدائية أي إلى القيمة  $1.88 \times 10^{-3} \text{ N}$ .

$$F = BIL \sin \theta$$

$$B = \frac{F}{IL \sin \theta} = \frac{3.8 \times 10^{-3}}{1.2 \times 0.03 \times \sin 50^\circ} \\ = 0.138 \text{ T} \approx 0.14 \text{ T}$$

**أ.**

- ب.** يعطي الاتجاه بواسطة قاعد اليد اليسرى لفليمنج، ويواجه السلك قوة إلى داخل مستوى الورقة.

- ٦.** أ. يكون اتجاه التيار الكهربائي من  $Z$  إلى  $X$ . وذلك لأنه في  $Q$  يكون اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار الكهربائي فوق السلك من الغرب إلى الشرق. وتبين قاعدة اليد اليمنى أن اتجاه التيار الكهربائي يكون نحو أعلى الصفحة.

- ب.** تشير البوصلة  $P$  إلى أن اتجاه المجال المغناطيسي يكون إلى الشمال الغربي.

- ج.** تشير البوصلة  $Q$  إلى أن اتجاه المجال المغناطيسي يكون إلى الشمال الغربي عندما نعكس اتجاه التيار الكهربائي.

$$F = BIL = 4.5 \times 10^{-3} \times 2.5 \times 0.07$$

$$= 7.88 \times 10^{-4} \approx 7.9 \times 10^{-4} \text{ N}$$

- ب.** لأن المجال المغناطيسي هو في اتجاه التيار الكهربائي (أو باتجاه السلك).

- ج.** وفقاً لقاعدة اليد اليسرى لفليمنج فإن الصلع  $PQ$  سوف يخضع لقوة تتجه عمودياً إلى خارج مستوى الصفحة، في حين سوف يخضع الصلع  $RS$  لقوة تتجه عمودياً إلى داخل مستوى الصفحة.

يُسْتَحِثْ تيار كهربائي لأن هناك تغييرًا في الفيض المغناطيسي الذي يربط الملف الثانوي، ويعود هذا التغيير في الفيض إلى التغيير في شدة التيار الكهربائي في الملف الابتدائي.

### ١٣. الفيض في لفة واحدة:

$$\begin{aligned}\Phi &= BA = 20 \times 10^{-3} \times (5.0 \times 10^{-2})^2 \\ &= 5.0 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

### بـ. القوة الدافعة الكهربائية المستحبة:

$$\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{100 \times 5.0 \times 10^{-5}}{0.1} = \\ = 5.0 \times 10^{-2} \text{ V}$$

### ١٤. القوة الدافعة الكهربائية المستحبة:

$$\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = BLv \\ = 5.0 \times 10^{-5} \times 40 \times 300 = 0.60 \text{ V}$$

قيمة عدم اليقين المطلقة:

$$\frac{10}{300} \times 0.60 = 0.02 \text{ V}$$

(ذلك فإن  $V = 0.60 \pm 0.02 \text{ V}$ )

١٥. عندما لا يكون هناك فرض مغناطيسي كلي، فإن تغيير الفرض المغناطيسي يكون بأقصى معدّل، وبالتالي تكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحبة قصوى.

وعندما تكون قيمة الفرض المغناطيسي الكلي قصوى، فإنه لحظياً لا يتغير؛ وبالتالي لا توجد قوة دافعة كهربائية مستحبة.

١٦. يكون الفرض المغناطيسي الكلي  $1 \text{ Wb}$ ، عندما يعبر ملف يتكون من لفة واحدة ومساحة مقطعة العرضي  $1 \text{ m}^2$  مجالاً مغناطيسياً مقداره  $T$  بزاوية قائمة مع مساحة مقطعه العرضي.

(ويمكن أن تكون لمساحات أخرى وأعداد لفات أخرى).

القوة على الميزان الإلكتروني إلى الأعلى؛ لذلك تقل قراءة الميزان.

**بـ.** وفقاً للقانون الثالث لنيوتون، يكون اتجاه القوة على السلك إلى الأسفل؛ لتنتج قوة إلى الأعلى على الميزان الإلكتروني.

ويكون اتجاه التيار الكهربائي في السلك من اليسار إلى اليمين وفقاً لقاعدة اليد اليسرى.

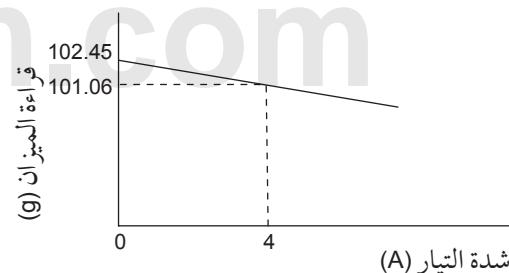
### جـ. القوة على السلك:

$$(102.45 - 101.06) \times 10^{-3} \times 9.81 = 0.0136 \text{ N}$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.0136}{4.0 \times 5.0 \times 10^{-2}} = 0.068 \text{ T}$$

**دـ.** يعني المحوران في التمثيل البياني، وتوضّع قراءة الميزان عليه عندما تكون شدة التيار الكهربائي صفرًا و  $4 \text{ A}$ .

تنخفض قراءة الميزان خطياً مع شدة التيار الكهربائي.



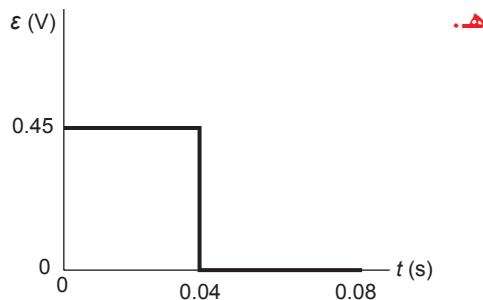
### ١١. بـ

أفضل توضيح لذلك هو أن الملف الثانوي مصنوع من سلك معزول، لذلك لا يمكن أن يتدفق تيار من القلب الحديدي إلى الملف الثانوي (بدلاً من ذلك، فإذا صنعت قطعاً صغيراً في القلب، ووضعت فيه قطعة من الورق، فإن القوة الدافعة الكهربائية المستحبة تبقى موجودة في الملف على الرغم من أن الورق يعزله، ولكن ستقل القوة الدافعة الكهربائية المستحبة: لأن كمية الفرض في القلب سوف تقل إذا لم يشكل القلب دائرة كاملة من الحديد).

$$\epsilon = \frac{1.8 \times 10^{-2} - 0}{4.0 \times 10^{-2}} = 0.45 \text{ V}$$

(بالقدر فقط)

- د. عندما يكون الملف داخل المجال تماماً، تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة صفراً. والسبب في ذلك هو عدم وجود تغير في الفيصل المغناطيسي الكلي.



- محوران صحيحان ومعنوانان، وقوة دافعة كهربائية مستحثة ثابتة بين 0 s و 0.04 s، وقوة دافعة كهربائية مستحثة صفراً بين 0.04 s و 0.08 s
- ١٨** أ. تتناسب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة طردياً مع معدل التغير في الفيصل المغناطيسي الكلي.

$$\Phi = BA = 50 \times 10^{-3} \times \pi \times (0.1)^2 = 1.57 \times 10^{-3} \approx 1.6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

ب. ١.

٢. التغير في الفيصل المغناطيسي الكلي:

$$\Delta(N\Phi) = 600 \times 1.57 \times 10^{-3} = 0$$

$$\Delta(N\Phi) = 0.942 \approx 0.94 \text{ Wb}$$

(قدر فقط)

٣. القوة الدافعة الكهربائية المستحثة:
- $$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{0.942}{0.12} = 7.85 \approx 7.9 \text{ V}$$
- ١٩** أ. التغير في الفيصل المغناطيسي يسبب قوة دافعة كهربائية مستحثة. لأن أشعة العجلة تقطع خطوط المجال المغناطيسي أو

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0.6 \times 1.2 \times 10^{-4}}{0.2} = 3.6 \times 10^{-4} \text{ Wb s}^{-1}$$

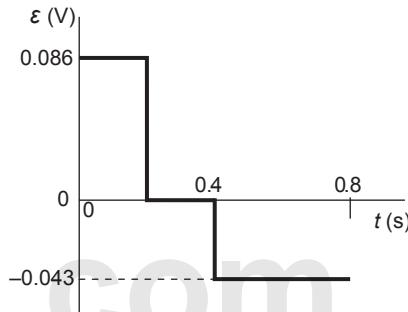
ب. ١.

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = 240 \times 3.6 \times 10^{-4} = 0.0864 \approx 8.6 \times 10^{-2} \text{ V}$$

٢.

٢. تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة صحيحة وثابتة بين 0 s و 0.2 s، وتكون صفراً بين 0.2 s و 0.4 s.

وتكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة سالبة ومقدارها يساوي نصف القيمة في إجابة الجزئية ٢ بين 0.4 s و 0.8 s



$$1. \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}} = \frac{0.02}{0.5} = 4.0 \times 10^{-2} \text{ s}$$

أ. ١.

$$2. \text{ الفيصل المغناطيسي الكلي: } N\Phi = NBA$$

$$= 150 \times 0.30 \times (0.02 \times 0.02)$$

$$= 1.8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

- ب.** لأن معدل التغير في الفيصل المغناطيسي ثابت.

**ج.** الفيصل المغناطيسي الكلي الابتدائي = 0 والفيصل المغناطيسي الكلي النهائي =

$$1.8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة =

معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي

**ب.** ١. المساحة التي يمسحها شعاع عجلة في كل ثانية:

$$= \pi R^2 f = \pi \times (0.15)^2 \times 5$$

$$= 0.353 \approx 0.35 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} . ٢$$

$$= 0.353 \times 5 \times 10^{-3}$$

$$= 1.77 \times 10^{-3} \approx 1.8 \times 10^{-3} \text{ V}$$

تمسح الدائرة (المكونة من شعاع ونقطة التوصيل) الفيض المغناطيسي.

٢. بزيادة شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي)، الأمر الذي يتسبب في جعل الفيض المغناطيسي الذي يربط الدائرة أكبر، وبالتالي يكون معدل التغيير في الفيض المغناطيسي أكبر.

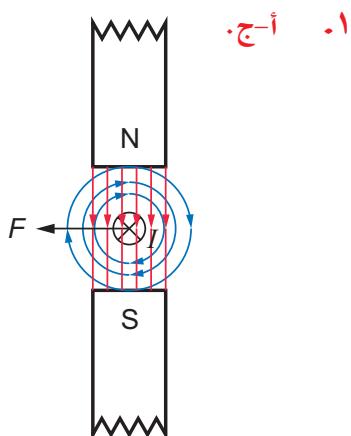
بجعل الملف يدور بشكل أسرع، يصبح كل تغير في الفيض المغناطيسي يحدث بزمن أقصر، وبالتالي يحدث معدل تغير في الفيض المغناطيسي أكبر.

zadelm.com

## إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

### إجابات أسئلة الأنشطة

#### نشاط ٤-٥: خطوط المجال المغناطيسي



١. أ. نشاط ٢-٥: القوة المؤثرة على سلك يسري فيه تيار كهربائي
٢. د. تلقي خطوط المجال المغناطيسي وخطوط المجال المغناطيسي المحيط بالتيار الكهربائي إلى اليسار بعضها بعضاً (لأنها متعاكسة بالاتجاه)؛ وتجمع (تضاف) خطوط المجال المغناطيسي وخطوط المجال المغناطيسي المحيط بالتيار الكهربائي إلى اليمين، لذلك تكون القوة إلى اليسار.
٣. أ. يمثل الإبهام اتجاه القوة.
٤. ب. يمثل الإصبع الأول (السبابة) اتجاه المجال المغناطيسي.
٥. ب. يمثل الإصبع الثاني (الوسطى) اتجاه التيار الكهربائي.
٦. ب. تكون القوة عمودية على الصفحة وباتجاه داخل الصفحة في الشكل ٤-٥ (ب)، ويكون اتجاه القوة إلى أعلى الصفحة في الشكل ٤-٥ (ج).
٧. أ.  $F$  : القوة (الوحدة نيوتن، N).
- $B$  : كثافة الفيصل المغناطيسي (الوحدة تسلا، T).
- $I$  : شدة التيار الكهربائي (الوحدة أمبير، A).
- $L$  : طول الموصل (الوحدة متر، m).

١. أ. دائيرية تمرّك حول السلك.
- ب. تدور عكس اتجاه عقارب الساعة.
- ج. الأقرب إلى السلك؛ وتكون خطوط المجال المغناطيسي متقاربة بعضها من بعض.
- د. ستكون خطوط المجال المغناطيسي دائيرية مع اتجاه عقارب الساعة.
- هـ. ستصبح خطوط المجال المغناطيسي متقاربة أكثر بعضها من بعض.
٢. أ. اليد اليمنى.
- ب. إلى اتجاه التيار الكهربائي.
- ج. إلى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي.
٣. أ. اليد اليمنى.
- ب. إلى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل الملف.
- ج. إلى اتجاه التيار الكهربائي حول الملف.
- د. زيادة شدة التيار الكهربائي، زيادة عدد لفات الملف لوحدة الطول، إضافة قلب حديدي.
- هـ. سوف يتجازبان؛ سيكون للملف الثاني قطب جنوب في نهايته اليمنى وسيجدب القطب الشمالي للملف الأول.
- و. عكس اتجاه التيار الكهربائي في أحد الملفين.



### نشاط ٣-٥: الفيصل المغناطيسي وكثافة الفيصل

#### المغناطيسي والفيصل المغناطيسي الكلي

١. الفيصل المغناطيسي: كثافة الفيصل المغناطيسي عمودياً على دائرة مضروباً في مساحة المقطع العرضي.

الفيصل المغناطيسي الكلي: الفيصل المغناطيسي عبر ملف مضروباً في عدد اللفات.

كثافة الفيصل المغناطيسي: القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي.

الواير: الفيصل المغناطيسي الذي يمر عبر مساحة  $1 \text{ m}^2$  عندما تكون كثافة الفيصل

المغناطيسي  $1 \text{ T}$

٢. أ. تعطي كثافة الفيصل المغناطيسي شدة المجال المغناطيسي أو مدى تقارب خطوط المجال بعضها من بعض.

يخبرنا الفيصل المغناطيسي الكلي بعدد الخطوط التي تمر عبر دائرة ما، على سبيل المثال ملف.

يعطينا الفيصل المغناطيسي الكلي عدد الخطوط التي تحسب لكل لفة على حدة أو بطريقة أخرى تحسب في كل مرة يمر فيها الخط من خلال لفة مختلفة.

ب. الفيصل المغناطيسي =  $\text{Wb}$

كثافة الفيصل المغناطيسي =  $T$  (أو  $\text{Wb m}^{-2}$ )

الفيصل المغناطيسي الكلي =  $\text{Wb}$   
(Wb-turns)

- ج. الفيصل المغناطيسي كله يمر من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي (لا شيء يمر عبر الهواء); في حين يكون للملفين عدد مختلف من اللفات.

ب.  $B = \frac{F}{IL}$

[N][A] $^{-1}$ [m] $^{-1}$  =  $B$

بما أن  $F = ma$  ، وحدتها

[N] = [kg][m][s] $^{-2}$

وبالتعويض نحصل على:

وحدة  $B$

[kg][m][s] $^{-2}$ [A] $^{-1}$ [m] $^{-1}$  = [kg][A] $^{-1}$ [s] $^{-2}$

ج.  $\vec{B}$  و  $\vec{F}$  و  $I$

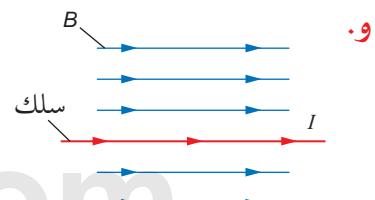
$F = B/L \sin \theta$

د.

$F = B/L \sin \theta$

هـ.

=  $0.250 \times 0.30 \times 0.40 \times \sin 90^\circ = 0.030 \text{ N}$



و.

$F = B/L \sin \theta$

٤. أ.

$B = \frac{F}{IL \sin \theta} = \frac{8.0 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-3} \times 0.1 \times \sin 90^\circ}$

=  $0.40 \text{ T}$

$F = B/L \sin \theta$

ب.

=  $32 \times 10^{-6} \times 5.0 \times 1.0 \times \sin 90^\circ$

=  $1.6 \times 10^{-4} \text{ N}$

ج. وزن السلك =  $0.2 \text{ N}$  تقريباً؛ 1000 مرّة أكبر

من مقدار القوة المغناطيسية.

- أ. إلى الأسفل من القطب الموجب إلى القطب السالب للبطارية.

ب. يكون اتجاه المجال المغناطيسي عمودياً إلى داخل الصفحة. يشير الإصبع الأوسط من اليد اليسرى إلى أسفل الصفحة، ويشير الإبهام إلى اليمين في اتجاه القوة، وتشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

مساحة الملف:  $A = 0.020 \times 0.020 = 4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

الفیض المغناطیسی الكلی  $= BAN \sin \theta$  (حيث  $\theta$  هي الزاوية بين مستوى الملف والمجال المغناطیسی).

الفیض المغناطیسی الكلی:

$$N\Phi = 2.8 \times 10^{-2} \times 4.0 \times 10^{-4} \times 50 \times \sin 35^\circ \\ = 3.2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

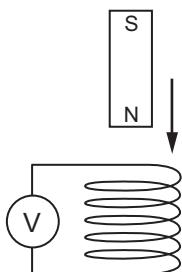
$$\Phi = BA = 0.010 \times 2.0 \times 10^{-4} \\ = 2.0 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

ب. الفیض المغناطیسی الكلی  $= N\Phi$

$$\frac{\text{الفیض المغناطیسی الكلی}}{\Phi} = \frac{N}{\text{لفة}} = \frac{3.0 \times 10^{-5}}{2.0 \times 10^{-6}} = 15$$

#### نشاط ٤-٥: قانون فارادي للحق الكهرومغناطيسي وقانون لنز

١. أ. يجب أن يُظهر الرسم التخطيطي مجالاً مغناطیسیاً، وموصلًا (أو ملفًا)، وفولتمیتر، أو راسم ذبذبات (c.r.o.) أو أمیتر للكشف عن القوة الدافعة الكهربائیة، على سبيل المثال:



ب. يجب أن يشرح كيفية تحقق التغيير في

الفیض المغناطیسی الكلی وكذلك يشرح القياسات التي تم إجراؤها على الكاشف، على سبيل المثال: حرك الملف خارج المجال المغناطیسی، ولاحظ الحد الأقصى لفرق

.٦

١. أن تضع فاطمة مستوى الحلقة بزاوية  $90^\circ$  مع المجال المغناطیسی (يكون العمودي على

الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطیسی).

ب. الفیض المغناطیسی:

$$\Phi = BA \\ = 5.0 \times 10^{-5} \times 1.8 \times 10^{-4} \\ = 9.0 \times 10^{-9} \text{ Wb}$$

ج. لأنه توجد لفة واحدة فقط في الحلقة  $(N = 1)$ .

الفیض المغناطیسی الكلی:

$$N\Phi = NBA$$

وبما أن مركبة  $\vec{B}$  العمودية على  $A$  هي:

$$= B \sin \theta$$

وبالتالي يصبح الفیض المغناطیسی الكلی:

$$= NBA \sin \theta$$

٢. في هذه الحالة يكون الفیض المغناطیسی عند حده الأقصى  $BA$

أي أن الحد الأقصى للفیض:

$$= 0.028 \times 2.5 \times 10^{-4} = 7.0 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

ب. في هذه الحالة يكون الفیض المغناطیسی

$$\text{عند حده الأدنى} = 0$$

ج. مركبة  $\vec{B}$  العمودية على  $A$  هي:

$$= B \sin \theta = 0.028 \times \sin 30^\circ = 0.014 \text{ T}$$

الفیض المغناطیسی:

$$= 0.014 \times 2.5 \times 10^{-4} = 3.5 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

أو:

$$\Phi = BAN \cos \theta$$

$$= 0.028 \times 2.5 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ$$

$$= 3.5 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

**نشاط ٥-٥: المزيد حول قانون فاراداي**

.١.  $T \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} ; V ; C^{-1}$

.٢. أ. الفيصل المغناطيسي الكلي:

$$N\Phi = NBA$$

$$= 50 \times 0.20 \times 8.0 \times 10^{-4}$$

$$= 8.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

.٣.  $\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{8.0 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 0.16 \text{ V}$

.٤. يتغير الفيصل المغناطيسي الكلي من  $8.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$  إلى  $8.0 \times 10^{-3} \text{ Wb} - 8.0$  في الزمن نفسه. لذلك يتضاعف التغير في الفيصل المغناطيسي الكلي في الزمن نفسه.

$$\mathcal{E} = 2 \times 0.16 = 0.32 \text{ V}$$

.٥.  $\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = NA \frac{\Delta B}{\Delta t}$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{NA} = \frac{12}{3000 \times 2.0 \times 10^{-4}} = 20 \text{ T s}^{-1}$$

.٦.  $\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(NBA)}{\Delta t}$

بإعادة ترتيب معادلة  $\mathcal{E}$  للحصول على  $\Delta t$ :

$$\Delta t = \frac{\Delta(NBA)}{\mathcal{E}} = \frac{200 \times 0.090 \times 1.6 \times 10^{-3}}{15}$$

$$= 1.9 \times 10^{-3} \text{ s}$$

.٧.  $\mathcal{E} = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(NBA)}{\Delta t}$

$$= \frac{1 \times 5.0 \times 10^{-4} \times 6.0 \times 10^{-4}}{0.60} = 5.0 \times 10^{-7} \text{ V}$$

باستخدام  $IR = V$  وبإعادة ترتيب المعادلة:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5.0 \times 10^{-7}}{3.6} = 1.4 \times 10^{-7} \text{ A}$$

.٨. ب. لأن الفيصل المغناطيسي عبر حلقة السلك لا يتغير.

.٩. أ. لأنه عند الحد الأقصى للفيصل المغناطيسي يكون الفيصل ثابتاً لحظياً.

.١٠. ب. لأن معدل تغير الفيصل المغناطيسي يكون أكبر ما يمكن.

الجهد على راسم الذبذبات. كرر إبعاد الملف في نصف الزمن الذي استغرقه من قبل، تجد أن تغير الفيصل المغناطيسي الكلي هو نفسه ولكن معدل التغير يتضاعف مرتين وكذلك قراءة راسم الذبذبات.

.١١. أ. لأن الفيصل المغناطيسي في الملف يتغير وشكل الملف مع المقاومة دائرة مغلقة.

.١٢. ب. قطب شمالي؛ لأنه يتناول مع القطب الشمالي للمغناطيس الذي يقترب منه أو يقلل من (يقاوم) زيادة الفيصل المغناطيسي.

.١٣. ج. قطب شمالي؛ لأنه يتجاذب مع القطب الجنوبي للمغناطيس الذي يتركه أو يقلل من (يقاوم) تناقض الفيصل المغناطيسي.

.١٤. د. لأن المغناطيس يتحرك أسرع عندما يترك الملف؛ فيكون معدل تغير الفيصل المغناطيسي أكبر.

.١٥. هـ. استخدام مغناطيس أقوى؛ تحريك المغناطيس أسرع؛ زيادة عدد اللفات في الملف؛ خفض مقدار المقاومة.

.١٦. أ. لأن هناك تغييراً في الفيصل المغناطيسي خلال الملف عندما يدور الملف.

.١٧. بـ. لأن الفيصل المغناطيسي يكون صفرـاً في هذه المرحلة ولكن تغيره يكون أكبر ما يمكن.

.١٨. جـ. زيادة عدد اللفات أو تدوير الملف أسرع أو استخدام ملف ذي مساحة مقطع عرضي أكبر أو استخدام مجال مغناطيسي أقوى؛ كل هذه تزيد من معدل تغير الفيصل المغناطيسي الكلي خلال الملف:

$$\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{\Delta(NBA)}{\Delta t}$$

يؤدي تدوير الملف أسرع إلى تقليل زمن التغير.

القانون الثالث لنيوتون. يكون للملف الزنبركي A تيار كهربائي شدته أكبر ويتأثر به مجال أضعف؛ ويكون للملف الزنبركي B تيار كهربائي شدته أصغر ويتأثر به مجال أقوى، والقوتان الناتجتان متساويتان ومتعاكستان.

$$F = BIL \sin \theta$$

.٢٠ .أ.

$$F = 2.8 \times 10^{-4} \times 0.60 \times 0.40 \times \sin 90^\circ$$

.٨٠ .أ.

$$= 6.7 \times 10^{-5} \text{ N}$$

100 ms

(يتجه عمودياً إلى داخل الصفحة).

$$F = BIL \sin \theta$$

.ب.

$$F = 2.8 \times 10^{-4} \times 0.60 \times 0.50 \times \frac{40}{50}$$

(بما أن  $\sin \theta = \frac{40}{50}$  من المثلث)

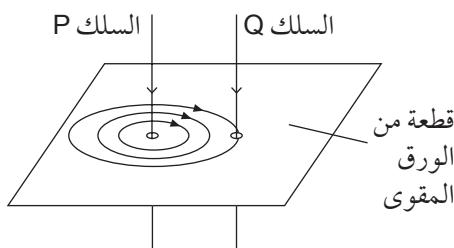
$$F = 6.7 \times 10^{-5} \text{ N}$$

(يتجه عمودياً إلى خارج الصفحة).

ج. يكون اتجاه التيار الكهربائي موازيًا للمجال المغناطيسي، لذلك  $\theta = 0^\circ$  و  $\sin \theta = 0$  (أو التيار الكهربائي لا يقطع خطوط المجال المغناطيسي).

.٣٠ .أ.

بالنسبة إلى السلك Q: دائري حول السلك، وبالنظر إليه من أعلى يكون اتجاهه باتجاه عقارب الساعة.



تكون الدوائر أقرب بعضها من بعض بالقرب من السلك مما هي أبعد عن السلك.

ب. ١. السهم نحو السلك Q

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{0.20}{0.100} = 2.0 \text{ V}$$

(هذه القيمة ستكون سالبة)

$$\epsilon = \frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{0.20 - 0.10}{0.200} = 0.5 \text{ V}$$

(هذه القيمة ستكون موجبة)

ج.  $\epsilon = 0 \text{ V}$  (لأنه لا يوجد تغير في الفيض المغناطيسي الكلي).

.٨٠ .أ.

100 ms

.ب.

ج. القوة الدافعة الكهربائية المستحثة.

د. القوة الدافعة الكهربائية المستحثة هي ميل التمثيل البياني.

مماس الرسم عند 40 ms يعطي الميل:

$$= \frac{2.0 - (-2.0)}{0.048 - 0.032} = 250 \text{ V}$$

القيمة القصوى للقوة الدافعة الكهربائية

المستحثة = 250 V

هـ. القيمة القصوى للفيض المغناطيسي الكلي:

$$= 2.0 \text{ Wb} = BAN$$

$$B = \frac{2.0}{AN} = \frac{2.0}{1.6 \times 10^{-2} \times 500} = 0.25 \text{ T}$$

## إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. القوة المؤثرة لكل وحدة تيار كهربائي لكل وحدة طول على سلك موضوع بزاوية قائمة مع المجال المغناطيسي ووحدة قياسها التسلا (T) Tesla.

ب. ١. قطب شمالي.

٢. قوة تنافر؛ لأن القطب الجنوبي للملف الزنبركي A يواجه القطب الجنوبي للملف الزنبركي B.

٣. القوتان متساويان في المقدار (لكن اتجاههما متراكبان)؛ وهذا مثال على

تحدد، إذا كان اتجاه التيار الكهربائي معروفاً من الأميتر.

**بـ ١.** مساحة الملف:  $A$

$$A = 0.050 \times 0.080 = 0.0040 \text{ m}^2$$

الفيض المغناطيسي الكلي:

$$\Phi = BAN = 0.15 \times 0.0040 \times 40 = 0.024 \text{ Wb}$$

$$E = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{-(0 - 0.024)}{3.0} = 0.0080 \text{ V. ٢}$$

٣. الاتجاه من اليسار إلى اليمين داخل الملف، حيث يقاوم المجال المغناطيسي الناشئ من التيار المستحدث في الملف انخفاض المجال المغناطيسي الذي يسببه المغناطيس الكهربائي.

**٦. ١.** يتاسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحدثة طردياً مع معدل تغير الفيض المغناطيسي الكلي.

**بـ ١.** يعطي الثولتميتر قراءة باتجاه معين، ثم يُظهر صفرًا ثم يُظهر قراءة باتجاه المعاكس بالقيمة نفسها.

٢. عندما يحرّك المغناطيس إلى داخل الملف، فإنه يحدث زيادة في الفيض المغناطيسي وزيادة في معدل تغير الفيض المغناطيسي عبر الملف، وهذا يستحدث قوة دافعة كهربائية باتجاه معين. وعندما يتوقف المغناطيس، فإنه لا يوجد معدل تغير في الفيض المغناطيسي ولا توجد قوة دافعة كهربائية. أما عند إزالة المغناطيس، فإنه يوجد معدل لتغير الفيض المغناطيسي معاكس (سالب وليس موجباً) وت تكون قوة دافعة كهربائية باتجاه معاكس.

٢. القوتان هما نفساهما ولكن اتجاههما متعاكس (أو كلا السلكين يتجادبان) بالرجوع إلى القانون الثالث لنيوتن. أو على الرغم من أن شدة التيار الكهربائي في السلك  $P$  أكبر منه في السلك  $Q$  فإن المجال المغناطيسي عند  $P$  بسبب  $Q$  أصغر من المجال المغناطيسي عند  $Q$  بسبب  $P$ .

**٤. ١.** تتجه القوة على السلك إلى الأعلى بالرجوع إلى القانون الثالث لنيوتن.

$$F = mg = 0.0026 \times 9.81 = 0.026 \text{ N}$$

$$F = BIL$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.026}{3.4 \times 0.056} = 0.13 \text{ T}$$

**جـ ١.** تزيد قراءة الميزان بمقدار  $(2.6 \sin 60^\circ) = 2.25 \text{ g}$  فقط عند تشغيل التيار الكهربائي.

القوة المؤثرة على السلك هي  $B/L \sin \theta$  حيث  $\theta$  هي الزاوية بين المجال المغناطيسي والسلك.

**٥. ١.** تنشأ أي قوة دافعة كهربائية مستحدثة باتجاه معين بحيث ينتج عنها تأثيرات تقاوم التغيير الذي أنتجها.

٢. يوصل الأميتر الحساس على التوالي مع الملف ويتم إدخال قطب معروف من مغناطيس في الملف، وسيلاحظ مرور تيار كهربائي باتجاه معين من خلال الأميتر. يقترح قانون لنز أن التيار الكهربائي يكون باتجاه معين لينتج القطب نفسه لقطب المغناطيس في نهاية الملف، وبالتالي ينافس مع المغناطيس. توضح قاعدة قبضة اليد اليمنى أن هذه هي الحالة التي

.٧. أ. مساحة النافذة  $A$ :

$$A = 0.50 \times 0.90 = 0.45 \text{ m}^2$$

الفيض المغناطيسي الكلي:

$$\begin{aligned} BAN \cos \theta &= 2.0 \times 10^{-5} \times 0.45 \times 1 \\ &= 9.0 \times 10^{-6} \text{ Wb} \end{aligned}$$

ب. هناك تغيير في الفيض المغناطيسي الكلي لأن الدائرة مكونة من حلقة واحدة والزاوية بين مسطح مساحة الإطار والمجال المغناطيسي الأرضي يتغير عندما يغلق الإطار.

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} \\ &= -\frac{(9.0 \times 10^{-6} - 0)}{0.40} = -2.3 \times 10^{-5} \text{ V} \end{aligned}$$
ج.

٣. تكون القيمة القصوى للقوة الدافعة

الكهربائية المستحثة أكبر، ولكن لفترة زمنية أقصر، ويمكن تفسير ذلك بأن التغيير في الفيض المغناطيسي الكلي هو نفسه ولكن لأنه يحدث في زمن أقصر فينتج عنه معدل تغيير أكبر.

ج. ١. مركبة  $\vec{B}$  العمودية على مستوى الملف:

$$B \cos \theta = 0.15 \times \cos 60^\circ = 0.075 \text{ T}$$

$$\Phi = BA \sin \theta = 0.075 \times 4.0 \times 10^{-4}$$

$$= 3.0 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = \frac{N\Delta(\Phi)}{\Delta t} \\ &= -\frac{5.0 \times (0 - 3.0 \times 10^{-5})}{0.25} = 6.0 \times 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$
.٢

٤. يتغير الفيض المغناطيسي عبر الملف

جيبياً،  $\Phi = BA \cos \omega t$ . لذلك يكون

الفيض المغناطيسي في بعض الأوقات ثابتاً لحظياً، وفي أوقات أخرى يتغير بسرعة كبيرة. لذلك معدل تغيير الفيض المغناطيسي ليس ثابتاً.

## إجابات ملحق كتاب التجارب العملية والأنشطة

### إجابات أسئلة الملحق: مهارات التمثيلات البيانية المتقدمة

نقطة التقاطع مع المحور الصادي ( $y$ )	الميل	المحور السيني ( $x$ )	المحور الصادي ( $y$ )
0	$k^2$	$x^3$	$y^2$
0	$k$	$x^{3/2}$	$y$
$\ln k$	$\frac{3}{2}$	$\ln x$	$\ln y$

ب.  $\ln y = \ln(cx^q)$

$\ln y = q \ln x + \ln c$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $\ln y$  مقابل  $\ln x$  مع ميل يساوي  $q$ , ونقطة تقاطع مع المحور الصادي .  $\ln c$  تساوي ( $y$ )

ج.  $y^2 = \frac{8x}{mB}$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $y^2$  مقابل  $x$  مع ميل يساوي  $\frac{8}{mB}$ ; ولا يوجد نقطة تقاطع، أو:

$\ln y = \frac{1}{2} \ln x + \frac{1}{2} \ln \frac{8}{mB}$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $\ln y$  مقابل  $x$  مع ميل يساوي  $\frac{1}{2}$  ونقطة تقاطع مع المحور الصادي .  $\frac{1}{2} \ln \frac{8}{mB}$  تساوي ( $y$ )

د.  $\ln y = \ln(y_0 e^{kx})$

$\ln y = kx \ln e + \ln y_0$

$\ln y = kx + \ln y_0$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $\ln y$  مقابل  $x$  مع ميل يساوي  $k$ , ونقطة تقاطع مع المحور الصادي .  $\ln y_0$  تساوي ( $y$ )

هـ.  $Rx^2 = y - y_0$

$y = Rx^2 + y_0$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $y$  مقابل  $x^2$  مع ميل يساوي  $R$ , ونقطة تقاطع مع المحور الصادي .  $y_0$  تساوي ( $y$ )

١. أ. 1.00

ب. 2.30

ج. 2.00

د. 0.699

هـ. 10

و. 1.65

٢.  $\log 48 = 1.68$

$\log 3 + 4 \log 2 = 0.477 + 4 \times 0.301 = 1.68$

وهما متساويان لأن:

$\log 48 = \log(3 \times 2^4) = \log 3 + \log 2^4 = \log 3 + 4 \log 2$

٣.  $y^2 = k^2 x^3$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $y^2$  مقابل  $x^3$  مع ميل يساوي  $k^2$  ولا يوجد نقطة تقاطع، أو:

$y = kx^{3/2}$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $y$  مقابل  $x^{3/2}$  مع ميل يساوي  $k$  ولا يوجد نقطة تقاطع، أو:

$\ln y = \ln(kx^{3/2})$

$\ln y = \frac{3}{2} \ln(kx^{3/2})$

تعطي تمثيلاً بيانيًّا لـ  $\ln y$  مقابل  $x$  مع ميل يساوي  $\frac{3}{2}$  ونقطة تقاطع مع المحور الصادي .  $\ln k$  تساوي ( $y$ )

- حساب  $g$  من الميل أو من خلال نقطة التقاطع مع المحور الصادي حسب التمثيل البياني المختار.

#### احتياطات الأمان والسلامة:

- احتياطات الأمان ذات الصلة المتعلقة باستخدام الكتل، على سبيل المثال تجنب سرعة الحركة العالية للكتلة، وإبعاد القدمين عن مكان حركة الكتلة، والحفاظ على مسافة عن التجربة، واستخدام حامل ذي مثبتات (ملاقط) لتجنب سقوط الحامل.

**تفاصيل إضافية:** نقاط ذات صلة يمكن تضمينها:

- مناقشة استخدام مجسّ الحركة، على سبيل المثال، البوابات الضوئية مع تفاصيل استخدامها.

- استخدم اهتزازات ذات سعة صغيرة أو زاوية اهتزاز صغيرة (لتأكد من صحة المعادلة).

- طريقة إحكام ثبيت الخيط، على سبيل المثال استخدام مشبك ثبيت.

#### مناقشة مقدار الكتلة:

- أن تكون الكتلة كبيرة بما يكفي بحيث لا تقلّ مقاومة الهواء من سعة اهتزازتها بشكل ملحوظ.

- استخدام علامة تتبع.

- قياس الزمن من منتصف تأرجح البندول.

تستخدم الكتل (العيارية) القياسية للحمل. وتكون قيمة عدم اليقين في الكتل أصغر بكثير من أي قيم أخرى في التجربة، لذلك فعدم اليقين يكون ضئيلاً أو مهماً.

$$\ln R = \ln a + b \ln r$$

الميل =  $b$ ، نقطة التقاطع مع المحور الصادي

$$\ln a \quad (y)$$

٥

٦

#### تعريف المشكلة:

إيجاد تسارع الجاذبية الأرضية باستخدام خيط وكتلة صغيرة.

#### المتغيرات في التجربة:

- غير / أو اعتبر / المتغير المستقل.  
- حدد الزمن الدوري  $T$  أو اعتبر  $T$  هو المتغير التابع.

#### طائق جمع البيانات:

- مخطط يوضح البندول البسيط، ومرفق بالأدوات على سبيل المثال، حامل ومثبتات (ملاقط).  
- يجب قياس الزمن ( $t$ ) لعدد من الاهتزازات الكاملة ( $n$ ) لتحديد متوسط الزمن الدوري  $(n \geq 10)$ .

- قياس طول الخيط / باستخدام مسطرة متيرية أو مسطرة.

- قياس طول الخيط إلى مركز كتلة (جاذبية) كرة البندول.

- استخدام القدمة ذات الورنية أو الميكرومتر لقياس قطر كرة البندول وبالتالي تحديد مركز كتلتها.

- تسجيل ما لا يقل عن خمس قيم مختلفة مختارة لطول الخيط /.

- مدى قيم طول الخيط / لا تقل عن 50 cm طريقة التحليل:

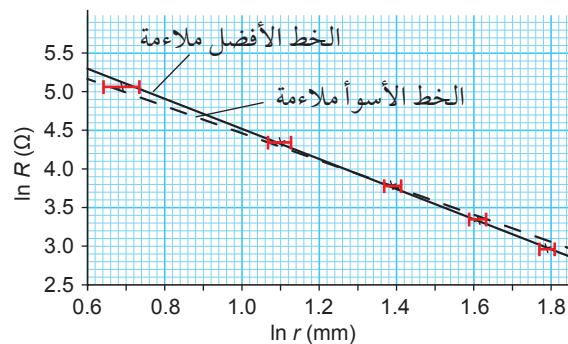
- تمثيل بياني مناسب، على سبيل المثال  $T^2$  مقابل طول الخيط /، أو  $\ln T$  مقابل /.

- الميل =  $\frac{4\pi^2}{g}$  (إذا كان  $T^2$  مقابل /) أو تكون نقطة التقاطع مع المحور الصادي ( $y$ ) في حالة التمثيل البياني  $\ln T$  مقابل /  $\ln \left( \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \right) = \ln a$

ب.

$\ln R (\Omega)$	$\ln r (\text{mm})$	$R (\Omega)$	$r (\text{mm})$
5.16	$0.69 \pm 0.05$	175.0	$2.0 \pm 0.1$
4.35	$1.10 \pm 0.03$	77.8	$3.0 \pm 0.1$
3.78	$1.39 \pm 0.02$	43.8	$4.0 \pm 0.1$
3.33	$1.61 \pm 0.02$	28.0	$5.0 \pm 0.1$
2.97	$1.79 \pm 0.02$	19.4	$6.0 \pm 0.1$

ج، د.



هـ. ميل الخط الأفضل ملاءمة:

$$= \frac{(2.95 - 5.30)}{(1.80 - 0.60)} = -1.96$$

ميل الخط الأسوأ ملاءمة:

$$= \frac{(3.05 - 5.15)}{(1.80 - 0.60)} = -1.75$$

قيمة عدم اليقين في الميل:

$$= -1.75 - -1.96 = 0.21 = 0.2$$

(برقم معنوي واحد)

$$\text{الميل} = -2.0 \pm 0.2$$

(يتم تقرير الميل إلى عدد ثابت من المنازل

ال العشرية مثل قيمة عدم اليقين).

$$b = -2.0 \pm 0.2$$

زـ. بأخذ  $\ln r = 0.6$  عندما تكون:  $\ln R = 5.3 \pm 0.1$ 

$$5.3 = \ln a - 2 \times 0.6$$

$$a = (665 \pm 70) \text{ mm}^2 \quad \text{و} \quad \ln a = 6.5 \pm 0.1$$