١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الفترة المتمازجة الثالثة

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 – رام الله – فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس 2983250-2-970+ | هاتف 2983280-2-970+

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

الوحدة الثالثة

الكهرومغناطيسية

الوحدة الثالثة	الكهرومغناطيسية	
الفصل السادس	المجال المغناطيسي	3
الفصل السابع	القوة المغناطيسية	13
الفصل الثامن	الحث الكهرو مغناطيسي	23
	الاختبارات	34

www.wepal.net
SIGNED TRACK 96639c372e570bfa

الكهرومغناطيسية Electromagnetism

يتوقع من الطلبة بعد دراستهم هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تطبيق مفاهيم الكهرومغناطيسية في حل مسائل تتعلق بالمجال المغناطيسي والقوة المغناطيسية على شحنة متحركة في المجال المغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي من خلال تحقيق الآتي:

١. حل مسائل في حساب المجال المغناطيسي والقوة المغناطيسية والحث الكهرومغناطيسي.

٢. توضيح بعض التطبيقات الكهرومغناطيسية في الحياة.

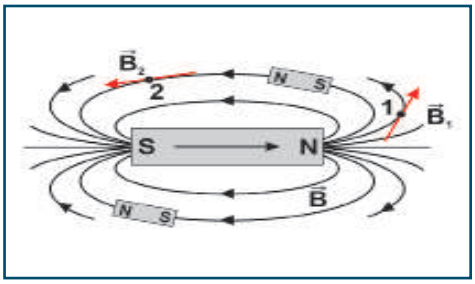
٣. تصميم مشروع لبناء نموذج لقطار مغناطيسي.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

المجال المغناطيسي Magnetic Field

1-6 المجال المغناطيسي Magnetic Field

تعرفت سابقاً إلى المغناطيس، وبعض المواد التي يجذبها، والمجال المغناطيسي لمغناطيس مستقيم. ولعلك قمت يوماً بتخطيط المجال المغناطيسي لمغناطيس مستقيم مستخدماً برادة الحديد أو بوصلة، وتعرفت تلك الخطوط الوهمية التي تستخدم لوصف المجال المغناطيسي، وتسمى خطوط المجال المغناطيسي، كما في الشكل (6- 1).



الشكل (6- 1)

يُعد المجال المغناطيسي مجال قوى مثل المجال الكهربائي، مقداره في نقطة ما يساوي شدة المجال المغناطيسي في تلك النقطة، واتجاهه باتجاه القوة المؤثرة في القطب الشمالي المفرد (الافتراضي) عند وضعه في تلك النقطة.

إن خط المجال المغناطيسي خط قوة له اتجاه، ويعبر عنه **بالمسار الذي يتبعه القطب الشمالي الافتراضي المفرد حرّ الحركة تحت تأثير القوى المغناطيسية المؤثرة فيه عندما يوضع في المجال المغناطيسي.**

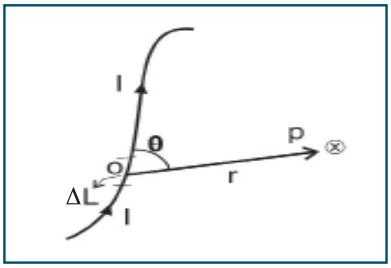
المجال المغناطيسي: المنطقة المحيطة بالمغناطيس التي تظهر فيها آثار قوته المغناطيسية.

نلاحظ أن معظم خصائص خطوط المجال المغناطيسي تتشابه مع خصائص خطوط المجال الكهربائي، لكن خطوط المجال المغناطيسي مقفلة تخرج من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي خارج المغناطيس، وتكمل دورتها من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل المغناطيس؛ وذلك لعدم وجود قطب مغناطيسي مفرد.

2-6 مصادر المجال المغناطيسي Sources of the Magnetic Field

قانون بيو وسافار

بعد اكتشاف أورستد، تم تطوير القوانين والعلاقات الرياضية التي تحكم العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي. وكان بيو وسافار من أبرز العلماء الذين عملوا في هذا المجال، حيث قاما بإجراء تجارب عملية للتوصل إلى علاقة لحساب شدة المجال المغناطيسي الناشئ في نقاط عدة نتيجة مرور تيار كهربائي في أسلاك موصلة مختلفة الأشكال، فوجدا أنه إذا تم تقسيم موصل يسري فيه تيار كهربائي ثابت (I) إلى أقسام صغيرة طول كل منها (ΔL) عند نقطة تبعد عن الموصل مسافة (r) كما في الشكل (6-3)، فإن شدة المجال المغناطيسي (ΔB) الناشئ بوحدة تسلا (T):



الشكل (6-3)

- يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار في الموصل.
- يتناسب عكسياً مع مربع الإزاحة أو البعد (r)، حيث (r): الإزاحة من العنصر (ΔL) إلى النقطة أو متجه الموضع.
- يتناسب طردياً مع $\sin\theta$، حيث (θ): الزاوية المحصورة بين اتجاه (ΔL) واتجاه (r).
- يعتمد على نوع مادة الوسط الموجود فيه الموصل.
- يكون المتجه (ΔB) عمودياً على كل من (ΔL) و(r).

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

ومن الممكن التعبير عن شدة المجال (ΔB) الناتج عن الجزء (ΔL) بطريقة رياضية: $\Delta B = \frac{\mu_0 I \Delta L \sin\theta}{4\pi r^2}$

وتتغير نفاذية الوسط (μ) بتغيّر نوعيته، وفي حالة الفراغ تسمى ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m/A$.

أما لحساب شدة المجال المغناطيسي الكلية عند نقطة (P) والناتجة عن جميع أجزاء الموصل، فإن المجال المغناطيسي الكلي في الهواء أو الفراغ يساوي:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum \frac{I \Delta L \sin\theta}{r^2} \qquad (6\text{-}1)$$

ولتحديد اتجاه المجال المغناطيسي المتولّد حول الموصل، نستخدم قاعدة اليد اليمنى .

3-6 المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي في سلك طويل مستقيم

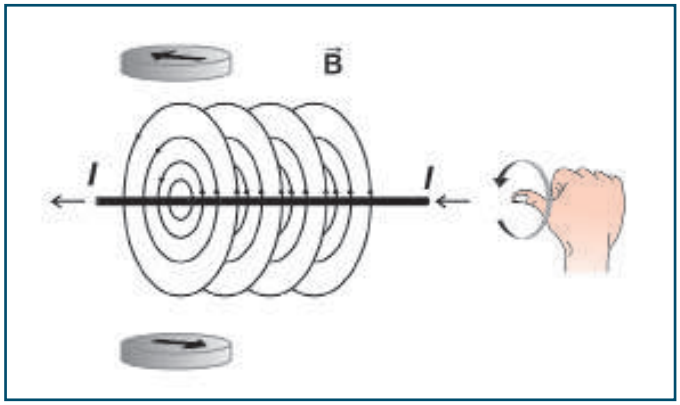
لقد أثبتت التجارب العملية أنه يحيط بالسلك المستقيم الذي يمر فيه تيار كهربائي مجال مغناطيسي، وتكون خطوط المجال حول السلك على شكل دوائر متحدة المركز ومركزها محور السلك ومستواها عمودي على السلك، وأن كل نقطة في السلك يمكن اعتبارها مركزاً لخطوط المجال كما هو مبين في الشكل المجاور (6- 4). ولتحديد اتجاه المجال المغناطيسي المتولد حول موصل يسري فيه تيار كهربائي، نستخدم قاعدة اليد اليمنى كالتالي: تخيل أنك تمسك السلك بيدك اليمنى، بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار، فيكون انحناء الأصابع مشيراً إلى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي حول السلك، كما هو مبين في الشكل (6- 5).

الشكل (6-4)

دلت التجارب العملية أن شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك طويل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي I عند نقطة تبعد مسافة r عن السلك تتناسب طردياً مع شدة التيار وعكسياً مع بُعد النقطة عن السلك.

أي أن: $B \propto \frac{I}{r}$ وهذه العلاقة صحيحة، كلما كان بُعد النقطة عن السلك صغيراً جداً بالنسبة لطول السلك. وفي هذه الحالة يكون ثابت التناسب ($\frac{\mu_0}{2\pi}$)، أي أن:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (6\text{-}2)$$



الشكل (6-5)

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

حيث:

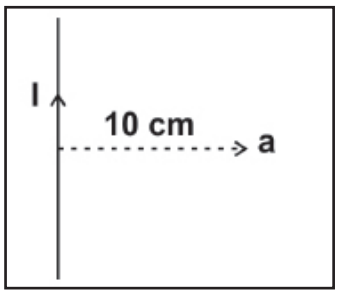
I: شدة التيار الكهربائي المار في السلك وتقاس بوحدة الأمبير.

r: المسافة العمودية بين النقطة المراد إيجاد شدة المجال المغناطيسي فيها والسلك، وتقاس بوحدة المتر.

هذا ويُمكن استخدام هذه العلاقة على سلك مستقيم وطويل، أو في حالة كون بُعد النقطة عن السلك صغيراً جداً بالنسبة لطول السلك.

يرمز للسلك المتعامد مع سطح الورقة إذا كان اتجاه التيار فيه نحو الناظر بالرمز ⊙، ويرمز له بالرمز⊗ إذا كان اتجاه التيار فيه بعيدا عن الناظر.

مثال (1):

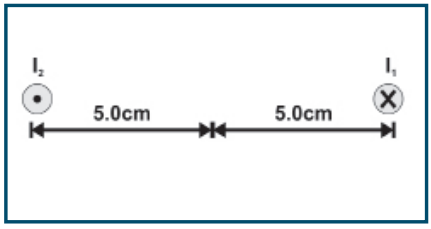


الشكل المجاور يبين سلكاً مستقيماً يسري فيه تيار كهربائي شدته (25 A). أوجد شدة المجال المغناطيسي في النقطة (a) التي تبعد عن السلك (10 cm).

الحل:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$B = \frac{4\pi x10^{-7} \ x25}{2\ \pi x0.1} = 5 \ x \ 10^{-5} \ T \quad \text{للداخل}$$



سؤال: سلكان مستقيمان طويلان جدا ومتوازيان وضعا عموديين على مستوى الصفحة، وعلى بُعد (10 cm) من بعضهما، فإذا مر بهما تياران $I_1 = 2\ A$ ، $I_2 = 5\ A$، احسب: أ. شدة المجال المغناطيسي الناشئ عنهما عند منتصف المسافة بينهما

ب. موقع نقطة التعادل.

4-6 المجال المغناطيسي لملف دائري يسري فيه تيار كهربائي

تعرفت في البند السابق المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم طويل جداً، فهل تتغير صفات المجال المغناطيسي بتغير شكل الموصل الذي يمر فيه التيار؟ وهل تتغير قيمة المجال المغناطيسي الناشئة عنه عند أية نقطة بالقرب منه؟ للإجابة عن هذه الأسئلة، قم بثني سلك مستقيم، واصنع منه ملفاً دائرياً، ثم قم بتخطيط المجال المغناطيسي له في النشاط الآتي:

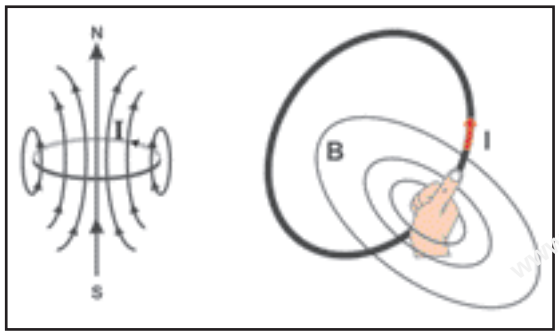
الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

نشاط (6-1): تخطيط المجال المغناطيسي لملف دائري

المواد والأدوات: ملف دائري، وبطارية 3 V، وبوصلة، وزيت نباتي، وقطع صغيرة من أسلاك رفيعة جداً (ليف الجلي السلكية، أو برادة حديد ناعمة)، ووعاء بلاستيكي (مرطبان أو كأس بلاستيكي).

الخطوات:

- صل طرفي الملف بقطبي البطارية، وأدخل بوصلة مثبتة على مسطرة بلاستيكية، حرك البوصلة في مواقع عدة داخل الملف وخارجه، ماذا تلاحظ؟
- اعكس قطبي البطارية، ثم كرر الخطوة السابقة، ماذا تستنتج؟
- ضع المرطبان داخل الملف الدائري بشكل أفقي، ثم أضف كمية مناسبة من الزيت النباتي في المرطبان أو الكأس.
- أضف كمية من برادة الحديد، حرك المرطبان، ثم أغلق الدارة. سجل نتائجك.



الشكل (6-6)

كيف تحدد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف دائري من السلك عند مركز الملف؟

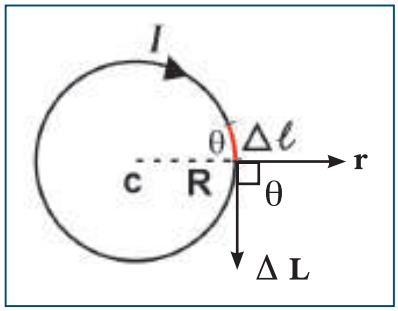
لعلك لاحظت أن انحناء خطوط المجال المغناطيسي يقل بالاقتراب من مركز الملف، حيث تكون مستقيمة بالقرب من مركز الملف. ماذا تستدل؟ ولتحديد اتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري نتبع قاعدة اليد اليمنى والإبهام وهي:

(إذا جعلنا إبهام اليد اليمنى يشير لاتجاه التيار في الملف، فإن اتجاه حركة أصابع اليد تشير لاتجاه المجال في المركز)، لاحظ الشكل (6-6).

والآن، كيف نحسب مقدار شدة المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري الشكل (6-7).؟

بما أن المجال المغناطيسي في مركز الملف منتظم، فإنه يمكن استخدام قانون بيو وسافار لإيجاد مقدار شدة المجال المغناطيسي عند نقطة في مركزه، أي أن:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\sum\frac{I\Delta L\sin\theta}{r^2}$$



الشكل (6-7)

بما أن $\theta = 90^\circ$، وعلى فرض أن الملف يحوي (N) لفة، ومتوسط نصف قطره ($R = r$)، فإن طول الملف ($\sum\Delta L$) يساوي عدد لفاته × محيط اللفة الواحدة؛ أي أن:

$$\sum\Delta L = N \times 2\pi R$$

فإن:

$$B = \frac{\mu_0\, IN \times 2\,\pi\, R \sin 90^\circ}{4\,\pi R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0\, IN}{2R} \qquad (7\text{-}6)$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

مثال (2):

ملف دائري عدد لفاته (250) لفة، ونصف قطره 3.14 cm، موضوع في مستوى الصفحة. احسب مقدار واتجاه شدة المجال المغناطيسي في مركزه، إذا كان يسري فيه تيار كهربائي شدته (2 A) مع اتجاه دوران عقارب الساعة.

الحل:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 250}{2 \times 3.14 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-2} \text{ T}$$ للداخل

مثال (3):

ملفان دائريان متحدان في المركز، وعدد لفات كل منهما (100) لفة، وموضوعان في مستوى الصفحة. الأول نصف قطره 7 cm، والثاني نصف قطره 2 cm. إذا كان مقدار شدة التيار في الملف الأول 5 A باتجاه عقارب الساعة، أوجد مقدار شدة التيار واتجاهه في الملف الثاني اللازمة لإنتاج المجالات المغناطيسية التالية عند المركز المشترك:

A) 9×10^{-3} T للداخل B) 2×10^{-3} T للداخل C) صفر

الحل:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I N}{2R}$$

$$B_1 = \frac{4\pi \text{ X } 10^{-7} \times 5 \times 100}{2 \times 7 \times 10^{-2}} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ T}$$ للداخل

A) بما أن B_1 أقل من 9×10^{-3} T، فإن B_2 بنفس اتجاه B_1، أي أن:

$$B_2 = 9 \times 10^{-3} - 4.5 \times 10^{-3} = 4.5 \times 10^{-3} \text{T}$$

$$4.5 \times 10^{-3} = 3.14 \times 10^{-3} I_2$$

$$I_2 = 1.43 \text{ A}$$ مع عقارب الساعة

B) بما أن B_1 أكبر من 2×10^{-3} T، فإن B_2 بعكس اتجاه B_1. أي أن:

$$2 \times 10^{-3} = 4.5 \times 10^{-3} - B_2$$

$$B_2 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$2.5 \times 10^{-3} \text{ T} = 3.14 \times 10^{-3} I_2 \rightarrow$$ $I_2 = 0.8$ A عكس عقارب الساعة

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

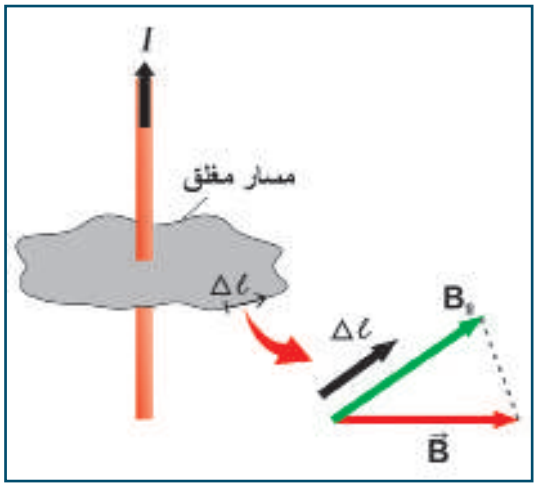
C) بما أن $B = 0$ فإن $B_2 = B_1$ مقداراً ويعاكسه اتجاهاً

$I_2 = 1.43\ A$ عكس عقارب الساعة

$4.5 \times 10^{-3} = 3.14 \times 10^{-3}\ I_2$

5-6 قانون أمبير Ampere's Law

لقد تعرفت إلى العلاقة بين شدة التيار الكهربائي المار في سلك مستقيم طويل، وشدة المجال المغناطيسي حوله. ولكن، هل يمكن إيجاد شدة المجال المغناطيسي عند نقطة حول مجموعة أسلاك تسري فيها تيارات كهربائية مختلفة؟



الشكل (6-8)

لقد وضع العالم أمبير علاقة لحساب شدة المجال المغناطيسي حول سلك أو مجموعة من الأسلاك. حيث افترض وجود مسار مغلق حول سلك يسري فيه تيار كما في الشكل (6-8)، ثم جزأ المسار إلى أجزاء صغيرة (ΔL)، بحيث يمكن اعتبار شدة المجال المغناطيسي ثابتة فوق ذلك الجزء، وبضرب طول كل جزء من هذه الأجزاء في مركّبة شدة المجال في اتجاه ذلك الجزء، فيكون مجموع هذه الكميات مساوياً ثابتاً μ_0 مضروباً في مجموع التيارات التي تخترق المسار المغلق. وتُعرف هذه النتيجة بقانون أمبير، الذي ينص على أنه (لأي مسار مغلق يكون مجموع حاصل الضرب النقطي لشدة المجال المغناطيسي مع طول ذلك الجزء في المسار المغلق يساوي المجموع الجبري للتيارات التي تخترق المسار المغلق، مضروباً في ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ (μ_0) ، أي أن:

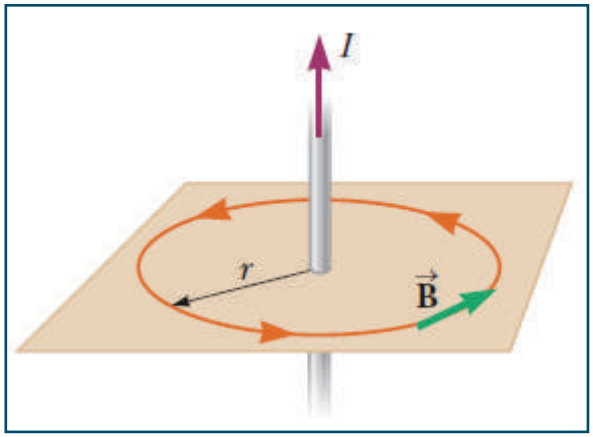
$$\sum \mathbf{B}.\Delta\mathbf{L} = \mu_0 \sum I \qquad (6\text{-}4)$$

حيث:

ΔL: جزء صغير من طول المسار المغلق.

B: شدة المجال المغناطيسي

$\sum I$: المجموع الجبري للتيارات التي تخترق المسار المغلق.



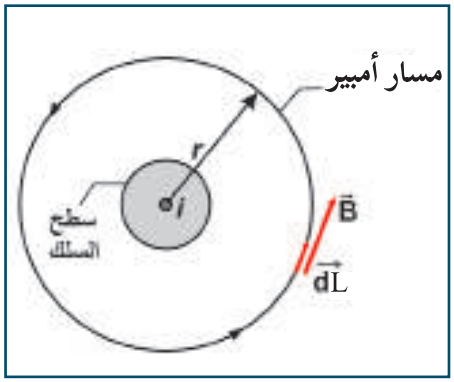
الشكل (6-9)

يستخدم قانون أمبير في حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيارات كهربائية في موصلات ذات تماثل هندسي يسمح باختيار مسارات مغلقة حولها، بحيث يكون المجال المغناطيسي في كل نقطة من نقاط المسار معلوماً.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

ويمكن تطبيق قانون أمبير لحساب شدة المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم لا نهائي عند نقطة تبعد عنه مسافة (r).
وبما أن خطوط قوى المجال المغناطيسي حول السلك هي عبارة عن دوائر متحدة في المركز مع محور السلك، فإن اتجاه شدة المجال المغناطيسي باتجاه المماس لخطوط المجال عند أية نقطة حول السلك. كما هو مبين في الشكل (6- 9)

$$\sum B.\Delta L = \mu_0 \sum I$$



الشكل (6-10)

وبما أن B ثابت على طول المسار، واتجاهه باتجاه المماس لخط المجال، كما في الشكل(7- 10) فإن θ بينهما تساوي صفراً:

$$\sum B\,\Delta L\cos\theta = \mu_0 \sum I$$

$$B \times 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

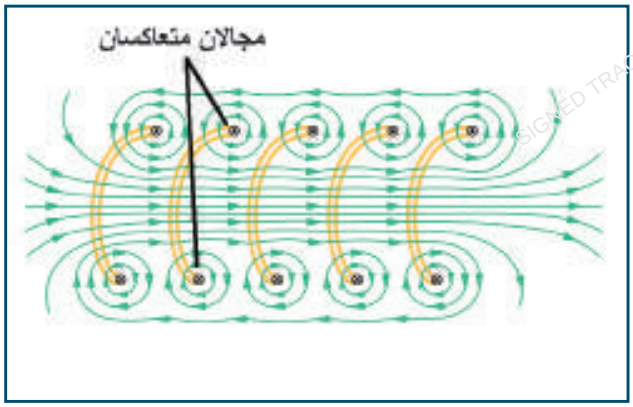
6-6 المجال المغناطيسي لملف حلزوني يسري فيه تيار كهربائي

Magnetic Field of Solenoid

هل تتغيّر صفات المجال المغناطيسي إذا تغيّر شكل الملف الدائري ليصبح حلزونياً؟

للإجابة عن ذلك كرر نشاط الملف الدائري (6- 2) مستخدماً ملفاً حلزونياً بدلاً من الملف الدائري، ولاحظ نمط خطوط المجال المغناطيسي، انظر الشكل (6-11).

وتستخدم اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي في الملف الحلزوني.



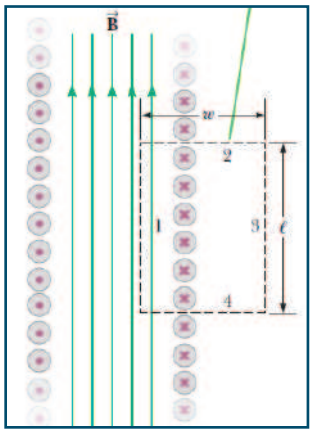
الشكل (6-11)

أناقش:

- وازن بين المجال المغناطيسي داخل الملف الحلزوني وخارجه من حيث المقدار والاتجاه.
- على ماذا يدل توازي خطوط المجال داخل الملف الحلزوني؟
- ما شكل خطوط المجال المغناطيسي خارج اللفات؟
- هل يمكن اعتبار المجال المغناطيسي للملف الحلزوني محصلة لمجالات اللفات؟
- ماذا تتوقع أن يحدث للمجال المغناطيسي داخل الملف الحلزوني إذا زاد عدد اللفات مع ثبوت الطول؟ فسّر.
- هل تلاحظ تشابه نمطي خطوط المجال المغناطيسي للملف الحلزوني والمغناطيس المستقيم؟

* يستخدم قانون أمبير (للإشتقاق فقط) وغير مطلوب تطبيقات رياضية أخرى.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa



الشكل (6-12)

لعلك توصلت إلى أن خطوط المجال المغناطيسي خارج الملف الحلزوني تكون على شكل دوائر مركزها السلك، وتتجمع داخله على شكل خطوط متوازية على امتداد محوره لتعطي مجالاً منتظماً تقريباً. وإذا قربت اللفات لتصبح متراصة يصبح المجال منتظماً أكثر، ويكون مقدار المجال خارج الملف صغيرا مقارنةً مع قيمته داخله، وعند الأطراف تبدأ الخطوط بالانتشار في المنطقة الواقعة خارج الملف، فيقل مقدار المجال الناتج عنها عند الطرفين.

ولحساب المجال المغناطيسي داخل الملف الحلزوني، نستخدم قانون أمبير. نختار مساراً مغلقاً مستطيل الشكل، كما في الشكل (6-12). وبتطبيق قانون أمبير على المسارات الأربعة، نجد أن: $\sum B.\Delta L = \mu_0 \sum I$

$$B\ L = \mu_0 \sum I$$

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

$$B = \frac{\mu_0 I N}{L} = \mu_0 nI \qquad (6\text{-}5)$$

حيث n = عدد اللفات في وحدة الأطوال وتساوي: $n = N / L$

SIGNED TRACK 96639c372e570bfa www.wepal.net

مثال (4):

لُف سلك من النحاس طوله 440 cm على شكل ملف حلزوني قطره 14 cm وطوله 55 cm. احسب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة على محوره عندما يمر فيه تيار شدته 1.4 A

الحل:

$L = N\ (2\pi\ r)$

$L = N \times 2 \times 3.14 \times 7 = 440$

$N = 10$

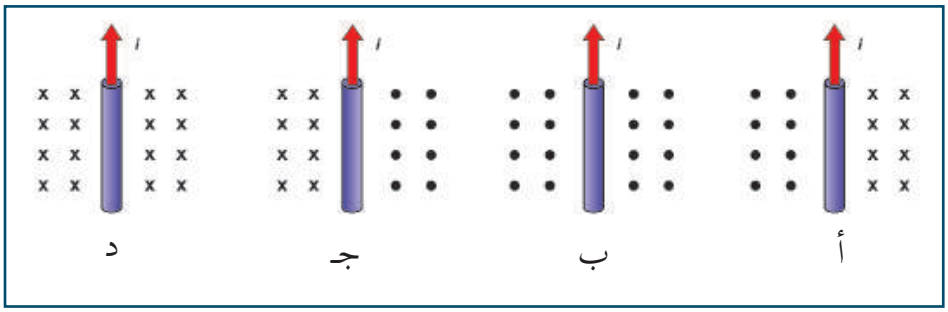
$$B = \frac{\mu_0 I N}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.4 \times 10}{0.55} = 3.2 \times 10^{-5}\ T$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

أسئلة الفصل:

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة

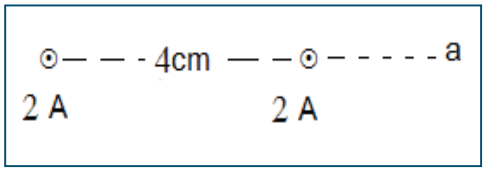
1. أي من الأشكال الآتية يمثل المجال المغناطيسي لسلك مستقيم طويل يسري فيه تيار كهربائي شدته (I)؟



2. إذا كانت شدة المجال المغناطيسي في ملف حلزوني عندما يمر به تيار كهربائي مستمر عند نقطة ما على محوره تساوي (B) تسلا. فإذا أُنقص عدد لفاته إلى الربع دون تغيير طوله، فما مقدار شدة المجال المغناطيسي عند نقطة ما على محوره؟

أ- 4 B　　ب- 2 B　　جـ- 0.5 B　　د- 0.25 B

3. يبين الشكل المجاور سلكين لا نهائيين يسري في كل منهما تيار كهربائي شدته (2 A) نحو الناظر، والمسافة بينهما (4 cm) في الهواء. ما مقدار شدة المجال المغناطيسي في النقطة (a) التي تبعد عن الأول (4 cm) بوحدة تسلا؟



أ- 1×10^{-5}　　ب- 1.5×10^{-5}　　جـ- 2×10^{-5}　　د- 5×10^{-5}

4. أي العوامل تسبب نقصان شدة المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني يمر فيه تيار كهربائي مع ثبوت باقي العوامل؟

أ- زيادة طول الملف　　ب- زيادة عدد لفات الملف

جـ- إنقاص طول الملف　　د- زيادة شدة التيار المار في الملف

5. سلك معدني طوله (L) متر على شكل حلقة معدنية بلفة واحدة، ومر فيها تيار كهربائي شدته (I) أمبير، فكانت شدة المجال المغناطيسي في مركزها (B). إذا لُف نفس السلك لتكوين ملف دائري عدد لفاته لفتان، ومر فيه نفس شدة التيار الكهربائي، فما شدة المجال المغناطيسي المتولدة في مركزه؟

أ- 2B　　ب- B　　جـ- 4B　　د- 0.5B

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

س2: أ- عرف ما يأتي: المجال المغناطيسي، وكثافة خطوط المجال المغناطيسي، وقانون أمبير.

ب- علل ما يأتي:

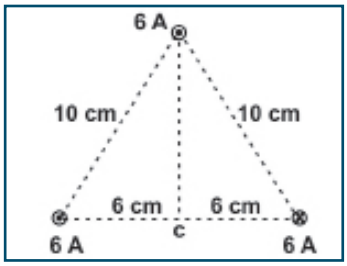
1- خطوط المجال المغناطيسي مقفلة.

2- خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع.

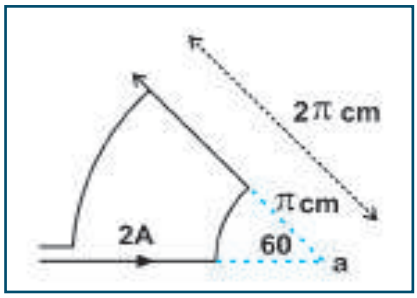
3- تتقارب خطوط المجال المغناطيسي بالقرب من محور السلك وتتباعد كلما ابتعدنا عنه.

4- شدة المجال المغناطيسي خارج الملف الحلزوني الذي طوله أكبر بكثير من نصف قطره تقترب من الصفر.

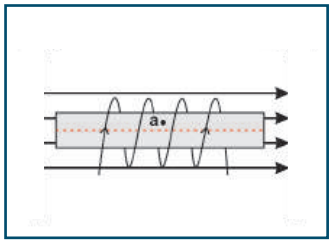
س3: احسب مقدار واتجاه شدة المجال المغناطيسي في النقطة (c)



س4: اعتمادا على المعلومات المثبتة على الشكل المجاور. احسب المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة a.



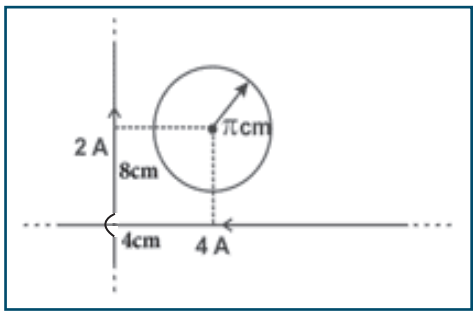
www.wepal.net
SIGNED TRACK 96639c372e570bfa



س5: الشكل المجاور يمثل ملفاً حلزونياً عدد لفاته 7 لفات وطوله (3 cm) يمر فيه تيار كهربائي شدته (2 A)، واتجاه التيار فيه مع عقارب الساعة عند النظر إليه من اليمين، غمر في مجال مغناطيسي شدته (3×10^{-4} T) نحو اليمين. احسب محصلة المجال المغناطيسي عند أية نقطة داخل الملف الحلزوني.

س6: سلك موصل طوله (50 πm) شُكّل بحيث يصنع منه ملف دائري نصف قطره (R) وعدد لفات (N)، مُرّر به تيار شدته (5 A) فتولد في مركزه مجال مغناطيسي شدته ($2\pi \times 10^{-3}$ T)، احسب نصف قطر ذلك الملف وعدد لفاته.

س7: يبين الشكل سلكين مستقيمين لا نهائيين، يحمل الأول تيارا كهربائيا شدته (2 A) نحو محور الصادات الموجب، والثاني (4 A) نحو السينات السالب، وضعت حلقة دائرية في مستوى السلكين نصف قطرها (π cm)، ويقع مركزها في النقطة (4 cm , 8 cm)، أوجد مقدار واتجاه شدة التيار المار بالحلقة لتصبح شدة المجال المغناطيسي في مركز الملف (10^{-5} T) باتجاه الناظر.



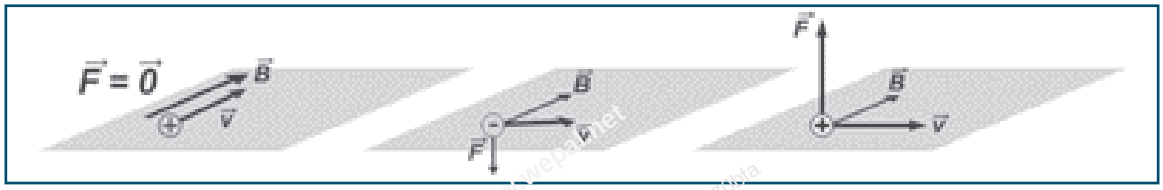
الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

القوة المغناطيسية Magnetic Force

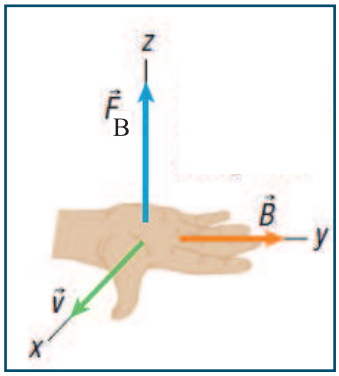
1-7 القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية متحركة Mag.Force on Moving Charge

عرفت سابقاً أن المجال الكهربائي يؤثر بقوة كهربائية في الشحنات الساكنة، وكذلك في الشحنات المتحركة بغض النظر عن اتجاه حركتها، وأن اتجاه القوة يكون بموازاة المجال الكهربائي. وقد دلت التجارب العملية على أن المجال المغناطيسي لا يؤثر بقوة مغناطيسية في الجسيمات المشحونة الساكنة، وعندما تتحرك هذه الجسيمات فيه، فإنها تتأثر بقوة من المجال المغناطيسي، وهذه القوة تتناسب طردياً مع كل من مقدار الشحنة q، وشدة المجال المغناطيسيB، ومركبة السرعة العمودية باتجاه شدة المجال (v sinθ)، حيث (θ): الزاوية بين السرعة واتجاه المجال المغناطيسي، أي أن القوة المغناطيسية ناتجة عن عملية الضرب الاتجاهي لمتجهي السرعة وشدة المجال المغناطيسي في الشحنة. أي أن:

$$\mathbf{F} = q\,\mathbf{v} \times \mathbf{B} \qquad (7\text{-}1)$$
$$F = q\,v\,B\sin\theta$$



الشكل (7-1)



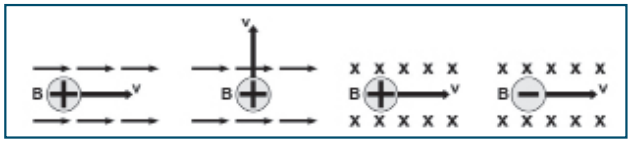
الشكل (2-7)

أما اتجاه القوة فيكون عمودياً دائماً على المستوى الذي يحوي كلاً من (v) و(B) كما في الشكل (8-1). ويحدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى المفتوحة للشحنة الموجبة على النحو الآتي: ابسط يدك بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه السرعة وأصابع اليد إلى اتجاه المجال المغناطيسي (B)، فيكون اتجاه القوة المغناطيسية (F) عمودياً على راحة اليد إلى الخارج، انظر الشكل (7-2). وللشحنة السالبة نستخدم اليد اليسرى المفتوحة.

ومن المعادلة (7-1)، تلاحظ أن وحدة قياس شدة المجال المغناطيسي هي: N . s/C.m، وتعرف هذه الوحدة باسم (تسلا)، ويرمز لها بالرمز T.

التسلا: شدة المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة مقدارها 1N في شحنة مقدارها 1C، تتحرك بسرعة 1 m/s، باتجاه يتعامد مع اتجاه المجال المغناطيسي.

أناقش:



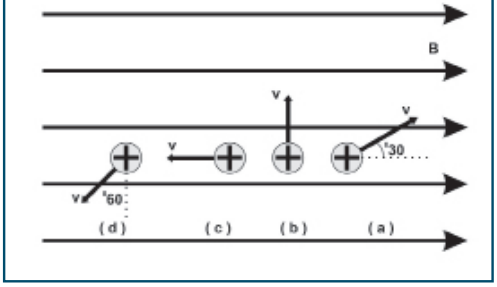
الشكل (3-7)

- حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات المبينة في الشكل (7- 3).
- هل يؤثر المجال المغناطيسي في بروتون ساكن؟
- هل يؤثر المجال المغناطيسي في نيوترون متحرك؟
- دخل جسيم مشحون مجالاً مغناطيسياً منتظماً ولم يتأثر بقوة مغناطيسية. فسر ذلك؟

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

مثال (1):

يتحرك جسيم شحنته ($8.4\mu C$) بسرعة مقدارها 100 m/s، في مجال مغناطيسي منتظم شدته 0.3 T باتجاه محور السينات الموجب. احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة واتجاهها في الحالات (a، b، c، d) المبينة في الشكل (7- 4).



الشكل (7-4)

الحل:

$F = q\ v\ B \sin\theta$

بعيداً عن الناظر

$F_a = 8.4 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.3 \times \sin 30 = 1.26 \times 10^{-4}N$

بعيداً عن الناظر

$F_b = 8.4 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.3 \times \sin 90 = 2.52 \times 10^{-4}N$

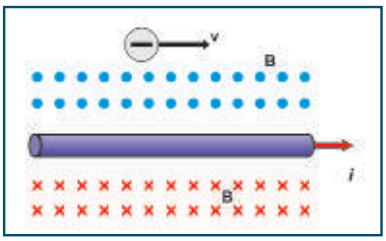
$F_c = 8.4 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.3 \times \sin 180 = 0$

نحو الناظر

$F_d = 8.4 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.3 \times \sin 150 = 1.26 \times 10^{-4}N$

مثال (2):

يبين الشكل (7-5) سلكاً مستقيماً طويلاً يسري فيه تيار كهربائي شدته (10 A). احسب القوة المؤثرة في إلكترون يتحرك بسرعة (1×10^6 m/s) باتجاه موازٍ للسلك نحو محور السينات الموجب على بعد 1 cm منه.



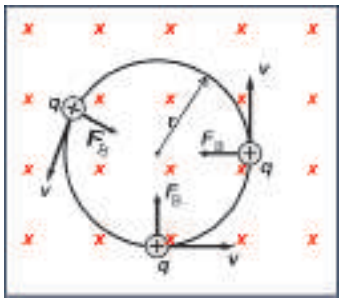
الشكل (7-5)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.01} = 2.0 \times 10^{-4}\ T$$

$F = qvB\sin\theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} = 3.2 \times 10^{-17}N\ (+y)$

7-2 حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم

لقد تعرفت في البند السابق، أن القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي تكون دائماً عمودية على سرعتها، فهل تكتسب الشحنة تسارعاً بفعل هذه القوة؟ للإجابة عن هذا السؤال، افترض أن مجالاً مغناطيسياً منتظماً عمودياً على الصفحة بعيداً عن الناظر يؤثر في جسيم مشحون كما في الشكل (7-6).



الشكل (7-6)

بما أن القوة المغناطيسية تعامد اتجاه السرعة، فإن الجسيم المشحون يكتسب تسارعاً ثابتاً في المقدار وعمودياً دائماً على السرعة. وهذا يؤدي إلى تغيّر مستمر في اتجاه السرعة دون تغيّر في مقدارها. وبالتالي، يسلك الجسيم المشحون مساراً دائرياً عند دخوله المجال المغناطيسي. وحركة الجسيم المشحون في مسار دائري لا تتم إلا بتأثير قوة مركزية F_B، وهي هنا القوة المغناطيسية. وبتطبيق قانون نيوتن الثاني، فإن:

$$F_c = F_B = m\ a_c$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB} \qquad (7\text{-}2)$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

حيث: (r): نصف قطر المسار الدائري للجسيم المشحون المتحرك داخل المجال.

(m): كتلة الجسيم المشحون.

(B): مقدار شدة المجال المغناطيسي المنتظم.

(q): مقدار شحنة الجسيم.

ولإيجاد الزمن اللازم للجسيم المشحون حتى يتم دورة كاملة، نستخدم العلاقة:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi mv}{qBv}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \qquad (7\text{-}3)$$

وأما تردد الجسيم المشحون فهو:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m} \qquad (7\text{-}4)$$

وأما التردد الزاوي (ω) للجسيم المشحون في مداره فهو:

$$\omega = \frac{qB}{m} \qquad (7\text{-}5)$$

أناقش:

- ما الشغل المبذول من القوة المغناطيسية على الجسيم المشحون؟
- هل تتغير طاقته الحركية؟ ولماذا؟
- هل يتغير زخمه الخطي؟ ولماذا؟
- بين ما يحدث للزمن الدوري عند مضاعفة سرعة الجسيم المشحون؟

مثال (3):

جسيم مشحون بشحنة مقدارها ($3.2 \times 10^{-19}\,C$)، وكتلته ($4 \times 10^{-28}\,kg$)، يدور بسرعة ثابتة مقدارها ($10^7 m/s$) في مسار دائري متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم شدته ($0.1T$). احسب:

1. القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم.
2. نصف قطر المسار الدائري للجسيم.
3. تردد حركة الجسيم.
4. الزمن الدوري.

الحل:

1) $F = qv\,B\sin\theta = 3.2 \times 10^{-19} \times 10^7 \times 0.1 \times \sin 90 = 3.2 \times 10^{-13} N$

2) $r = \frac{m\,v}{qB} = \frac{4 \times 10^{-28} \times 10^7}{3.2 \times 10^{-19} \times 0.1} = 0.125\ m$

3) $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m} = \frac{3.2 \times 10^{-19} \times 0.1}{2 \times 3.14 \times 4 \times 10^{-28}} = 1.27 \times 10^7\ Hz$

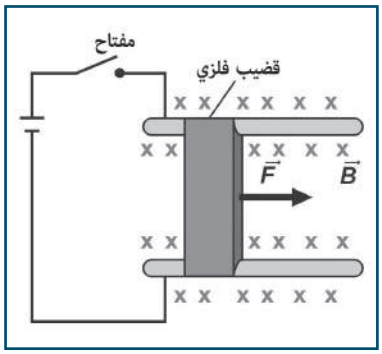
4) $T = \frac{1}{f} = 7.87 \times 10^{-8}\ s$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

توصّلت في البند السابق إلى أن قوة مغناطيسية تؤثر في الشحنة إذا تحركت في مجال مغناطيسي. فهل يتأثر سلك فلزي يسري فيه تيار كهربائي بقوة مغناطيسية إذا وضع في مجال مغناطيسي؟

للإجابة عن السؤال، قم بتنفيذ النشاط التالي:

نشاط (7-1): القوة المغناطيسية على موصل يسري فيه تيار كهربائي



المواد والأدوات: مصدر فرق جهد (بطارية)، وموصل، ومغناطيس، ومفتاح.

الخطوات:

- كوّن دارة كهربائية كما في الشكل المجاور.
- أغلق الدارة بوساطة المفتاح، ماذا يحدث للموصل؟
- اعكس أقطاب البطارية، ثم أغلق الدارة مرة أخرى، ماذا يحدث للموصل؟

لعلّك لاحظت تأثر السلك بقوة مغناطيسية، وقد أثبتت التجارب أن هذه القوة تتناسب طردياً مع كل من: شدة التيار الكهربائي، وشدة المجال المغناطيسي، وطول السلك، وجيب الزاوية المحصورة بين اتجاه التيار (طول السلك)، وشدة المجال المغناطيسي. فكيف نتوصل إلى العلاقة رياضياً؟

تعرفت سابقاً أن التيار الكهربائي: شحنات كهربائية متحركة، ولما كان المجال المغناطيسي يؤثر بقوة في أية شحنة متحركة فيه، فإن المجال المغناطيسي سيؤثر في السلك الذي يسري فيه تيار كهربائي، بقوة تساوي محصّلة القوى المؤثرة في هذه الشحنات.

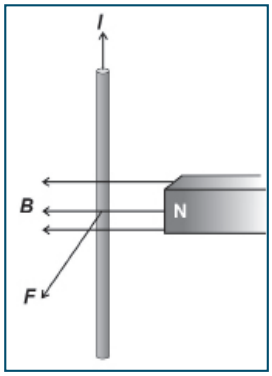
عند وصل طرفي موصل فلزي طوله (L)، ومساحة مقطعه العرضي (A)، والكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة فيه (n_e) بمصدر فرق جهد، فإن الشحنات الحرة فيه تتحرك بسرعة ثابتة v (السرعة الانسياقية)، ولما كانت الشحنات المكونة للتيار من نفس النوع (إلكترونات)، فإن:

القوة المغناطيسية الكلية = عدد الشحنات × القوة المؤثرة في كل شحنة

$$\mathbf{F} = (n_e\ A\mathbf{L})\ (q\mathbf{v} \times \mathbf{B}) = n_e A q \mathbf{L}\ (v \times B)$$

$$\mathbf{F} = (n_e A q \mathbf{v})\ (\mathbf{L} \times \mathbf{B}) = I\ (\mathbf{L} \times \mathbf{B})$$

$$\mathbf{F} = I\ (\mathbf{L} \times \mathbf{B}) \qquad F = ILB \sin\theta \qquad (7\text{-}6)$$



الشكل (7-7)

ويتحدد اتجاه (L) باتجاه التيار المار في السلك. ويكون اتجاه القوة متعامداً مع اتجاهي شدة المجال المغناطيسي وطول السلك (اتجاه التيار المار فيه)، ويحدد اتجاه القوة باستخدام قاعدة كف اليد اليمنى المفتوحة المبينة في الشكل (7 -7)، وهي:(اجعل أصابع اليد اليمنى المفتوحة تشير إلى اتجاه شدة المجال المغناطيسي (B)، والإبهام يشير إلى اتجاه التيار، فتكون القوة باتجاه عمودي على الكف إلى الخارج).

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

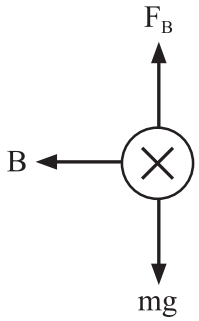
مثال (5):

سلك مستقيم من النحاس كثافة كتلته الطولية 46.6 g/m موضوع أفقياً في مجال مغناطيسي، ويسري فيه تيار كهربائي شدته 5 A نحو محور السينات السالب. ما اتجاه أقل مجال مغناطيسي يلزم لرفع هذا السلك رأسياً إلى أعلى؟ وما مقداره؟

الحل:

أقل قوة تلزم لتحريك السلك إلى أعلى بسرعه ثابتة، تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك لأعلى، ومساوية في المقدار لوزن السلك، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى المفتوحة، يكون اتجاه المجال المغناطيسي باتجاه الناظر. ولحساب أقل مقدار لشدة المجال، فإن: القوة المغناطيسية = الوزن

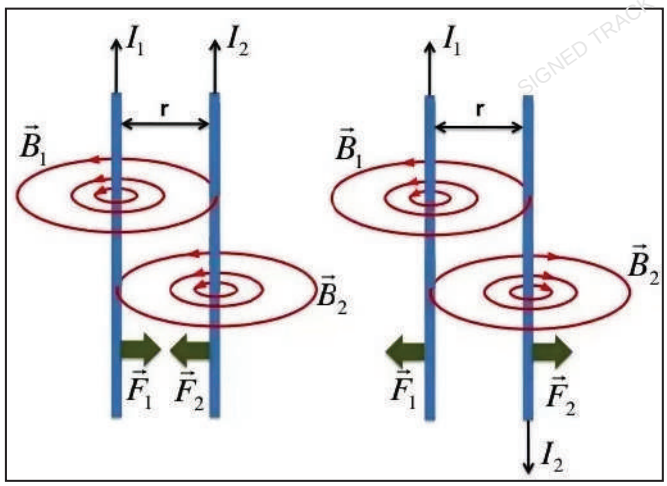
$$F_g = F_B$$
$$mg = ILB \sin 90$$
$$\frac{m}{L} \times 10^{-3} \times 10 = 5 \times B \times 1$$
$$46.6 \times 10^{-3} \times 10 = 5 \times B \times 1$$
$$B = 0.0932\ T$$



4-7 القوة المتبادلة بين سلكين متوازيين طويلين يحمل كل منهما تياراً كهربائياً

يتولد مجال مغناطيسي حول سلك يسري فيه تيار كهربائي، فإذا وضع سلك آخر يحمل تيارا كهربائياً موازياً للأول فإن كلاً منهما يقع في مجال الآخر، فتنشأ قوة مغناطيسية متبادلة بينهما. ولحساب القوة المتبادلة بين سلكين متجاورين طويلين متوازيين يسري في كليهما تيار كهربائي، نحسب أولا شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن أحدهما عند موضع الآخر، ثم نحسب القوة التي يؤثر فيها هذا المجال في السلك الآخر، ففي الشكل (7- 8)، تكون شدة المجال المغناطيسي المتولد عن السلك الأول في موضع الثاني (B_1) هو: $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$

حيث r: البعد العمودي بين السلكين.



الشكل (7-8)

وهذا المجال يؤثر بقوة في السلك الثاني تعطى بالعلاقة:

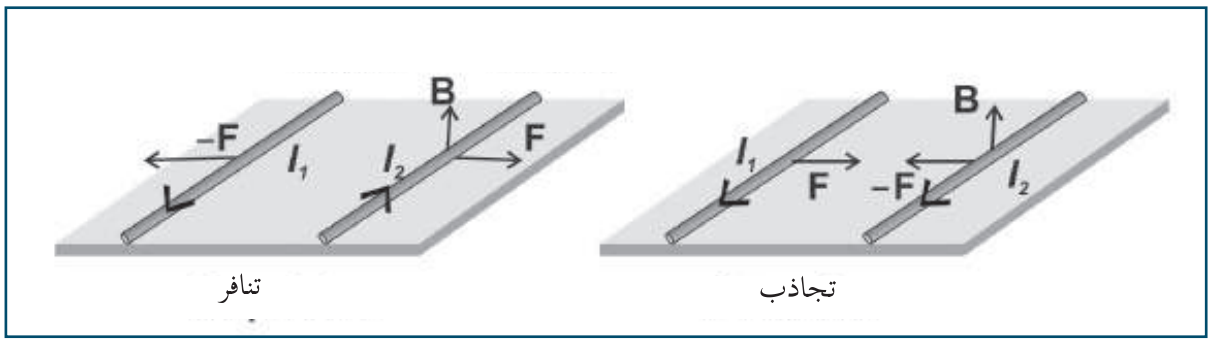
$$F = I_2 L \times \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \sin 90 = I_2 L \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \qquad (7\text{-}7)$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

وبالمثل يمكن إثبات أن السلك الثاني يؤثر في الأول بقوة مساوية لها في المقدار، ومعاكسة لها في الاتجاه الشكل (7- 7). ونظراً لأن السلكين طويلان جداً، فإن القوة المتبادلة بين السلكين لكل وحدة طول $(\frac{F}{L})$، تعطى بالعلاقة:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

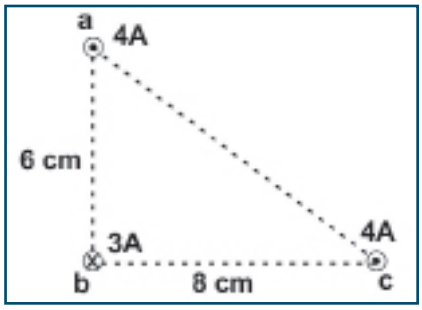


الشكل (7-9): اتجاه القوة المغناطيسية بين سلكين طويلين.

سؤال: عرف الأمبير من العلاقة السابقة.

مثال (6):

يمثل الشكل (7- 10) ثلاثة أسلاك مستقيمة طويلة جداً يسري في كل منها تيار كهربائي. احسب مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الطول من السلك (b).



الشكل (7-10)

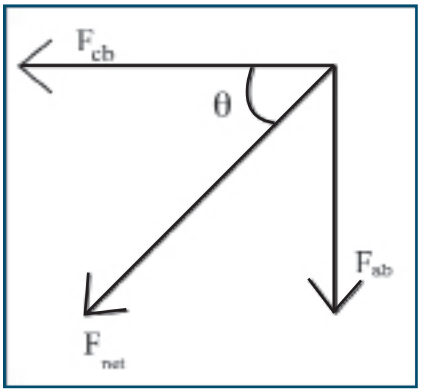
الحل:

$$F_{ab} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 3}{2\pi \times 6 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5}\ N/m \quad (-y)$$

$$F_{cb} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 3}{2\pi \times 8 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-5}\ N/m \quad (-x)$$

$$F_{net} = \sqrt{4^2 + 3^2} \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-5}\ N/m$$

$$\tan\theta = \frac{4}{3}\ ,\ \theta = 53^\circ$$



الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

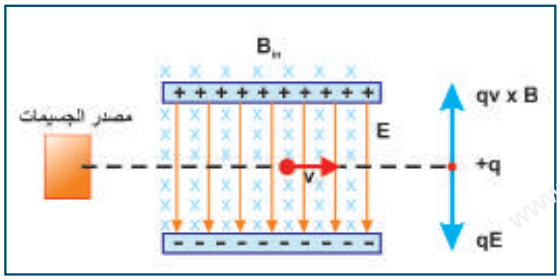
تعتمد كثير من التطبيقات العلمية على التأثير الفيزيائي للمجالين الكهربائي والمغناطيسي على الأجسام المشحونة، حيث إنه عند تعريض جسيم مشحون لكلا المجالين في آن واحد، فإن هذا الجسيم سيقع تحت تأثير القوتين الكهربائية والمغناطيسية، ومحصلة القوتين تعرف باسم قوة لورنتز، أي أن: $\mathbf{F}_{net} = \mathbf{F}_E + \mathbf{F}_B$

$$\mathbf{F}_{net} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \qquad (7\text{-}7)$$

منتقي السرعات:

يتبين من اسم هذا الجهاز أنه مرشح للسرعة، حيث يمكن باستخدامه التحكم في اختيار حزمة من الجسيمات المشحونة ذات سرعة محددة؛ وذلك لأن الجسيمات المنبعثة عند أية درجة حرارة لها توزيع إحصائي على نطاق واسع من السرعات، ولاختيار سرعة محددة نستخدم جهاز منتقي السرعات.

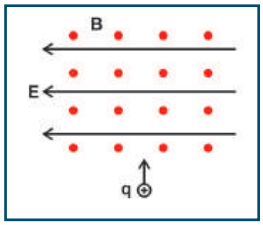
آلية عمله:



الشكل (8- 11)

يتكون جهاز منتقي السرعات من مصدر للجسيمات المشحونة، حيث تنطلق الجسيمات من المصدر بسرعات مختلفة لتمر من الشريحة التي تحدّد حزمة من هذه الجسيمات لتمرّ في منطقة مجال كهربائي متعامد مع مجال مغناطيسي، كما في الشكل (8-11)، تتأثر الجسيمات المشحونة بالمجالين الكهربائي والمغناطيسي، بحيث يكون اتجاه القوة الكهربائية للأسفل واتجاه القوة المغناطيسية للأعلى. وهذا سيؤدي إلى أن الجسيمات المتحركة بسرعة معينة هي التي ستتحرك في خط مستقيم، لأنه عند تلك السرعة تتساوى القوة الكهربائية مع مقدار القوة المغناطيسية، بينما الجسيمات المتحركة بسرعات أخرى ستنحرف عن المسار المستقيم. ولإيجاد هذه السرعة نستخدم قانون لورنتز: $\mathbf{F}_{net} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \longrightarrow v = \frac{E}{B}$

مثال (7):



يبين الشكل المجاور جسيماً مشحوناً بشحنة موجبة مقدارها (2 C) ، يتحرك في منطقة يؤثر فيها مجال كهربائي شدته (0.1 N/C) باتجاه محور السينات السالب، ومجال مغناطيسي شدته (4×10^{-4} T) يتجه نحو الناظر. ما مقدار السرعة التي يتحرك بها الجسيم حتى يبقى محافظاً على اتجاه حركته في خط مستقيم إلى أعلى؟

الحل:

$F_{net} = 0$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{0.1}{4 \times 10^{-4}} = 250 \text{ m/s}$$

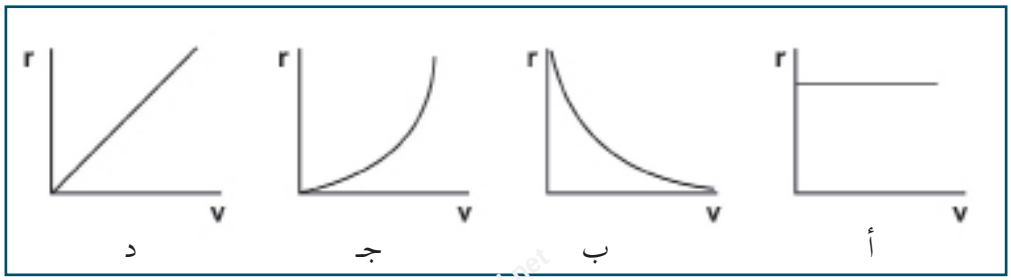
سؤال: ما مقدار شدة المجال الكهربائي اللازمة للحصول على جسيمات مشحونة سرعتها (1.5×10^6 m/s) في جهاز منتقي السرعات، إذا كانت شدة المجال المغناطيسي فيه (2.2×10^{-4} T).

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

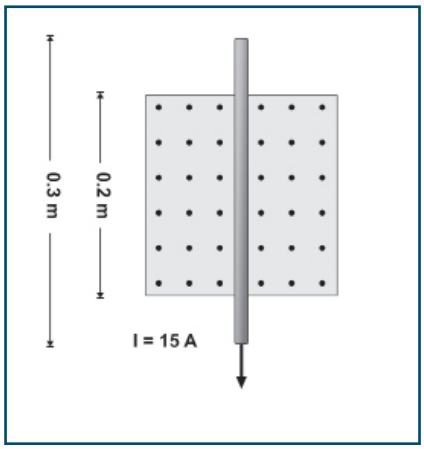
أسئلة الفصل:

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. تم مسارعة جسيمات مشحونة كتلتها (m) ولها نفس الشحنة في مجال كهربائي منتظم بسرعات مختلفة، ثم أدخلت في مجال مغناطيسي شدته (B) بشكل عمودي على خطوط المجال. أي من الأشكال الآتية يمثل العلاقة بين نصف قطر المسار الدائري (r) للجسيمات المشحونة وسرعتها (v)؟



2. يبين الشكل المجاور، سلكاً فلزياً طوله (30 cm)، موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.25 T) يتجه نحو الناظر، ويسري فيه تيار كهربائي شدته (15 A). ما مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.



أ- 0.75 N باتجاه (- x).

ب- 0.75 N باتجاه (+ x).

ج- 1.1 N باتجاه (- x).

د- 1.1 N باتجاه (+ x).

3. يدخل جسيم مشحون مجالاً مغناطيسياً بشكل عمودي عليه بسرعة مقدارها (v)، ثم يدخل جسيم آخر مماثل له في الكتلة والشحنة المجال المغناطيسي بسرعة (2 v). إذا كان تردد حركة الجسيم الأول (f)، فما تردد حركة الجسيم الثاني؟

أ- f ب- $2f$ جـ- $4f$ د- $0.5f$

4. مجال كهربائي منتظم (E) ومجال مغناطيسي منتظم (B) في نفس الاتجاه. إذا قذف بروتون في نفس اتجاه خطوط المجالين، فأي الآتية صحيحة؟

أ- البروتون يتحرك عكس المجال الكهربائي.

ب- البروتون يتحرك بإتجاه المجال الكهربائي.

جـ- يتحرك البروتون في مسار دائري.

د- سرعة البروتون تقل في المقدار.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

5. ما نوع الجسيمات التي يتم الحصول عليها من جهاز منتقي السرعات؟

أ- غير مشحونة لها نفس السرعة　　ب- مشحونة لها نفس السرعة

جـ- غير مشحونة مختلفة في السرعة　　د- مشحونة مختلفة في السرعة

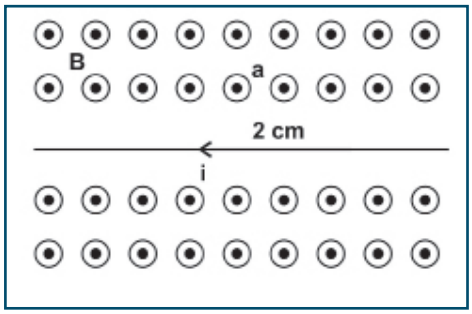
6. إذا كانت القوة المتبادلة بين سلكين لا نهائيين متوازيين يحملان تيارا كهربائيا تساوي 100 N، فكم تصبح القوة المتبادلة بينهما عند مضاعفة البعد بينهما (بوحدة N)؟

أ- 400　　ب- 200　　جـ- 50　　د- 25

س2: أ. وضح المقصود بقولنا: شدة المجال المغناطيسي 0.5T ، قوة لورنتز.

ب. فسر ما يأتي:

1. لا يبذل المجال المغناطيسي شغلاً على جسيم مشحون عند قذفه عمودياً عليه.
2. عند قذف إلكترون داخل ملف حلزوني يحمل تياراً كهربائياً باتجاه موازٍ لمحوره فإنه لا ينحرف.

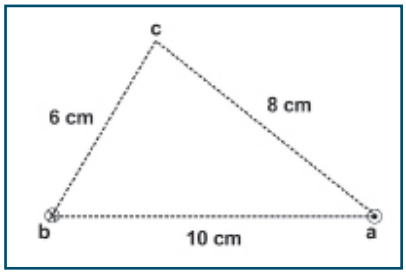


س3: سلك مستقيم طويل جداً يمر فيه تيار كهربائي شدته (4 A) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم شدته ($5x10^{-5}$ T) باتجاه الناظر كما في الشكل المجاور. احسب:

أ- القوة المغناطيسية المؤثرة في جزء من السلك طوله (1 m) وحدد اتجاهها.

ب- شدة المجال المغناطيسي الكلي في النقطة (a).

ج- القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك بسرعة (2×10^{5} m/s) لحظة مروره بالنقطة (a) بالاتجاه السيني الموجب.

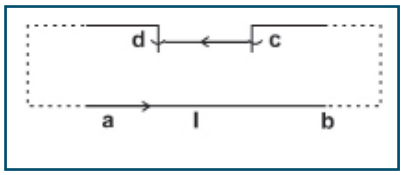


س4: تمثل النقطتان (a، b) في الشكل المجاور مقطعي موصلين مستقيمين طويلين جداً متعامدين مع مستوى الورقة، ويحمل كل منهما تياراً كهربائياً شدته (5 A) باتجاهين متعاكسين. النقطة (c) تقع في مستوى الورقة وتبعد (8 cm) عن النقطة (a)، (6 cm) عن النقطة (b). احسب:

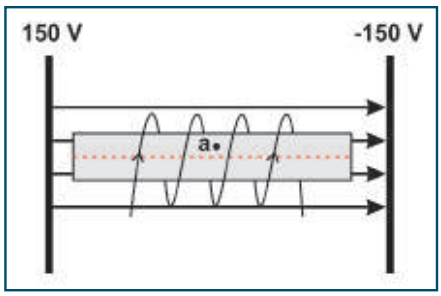
أ- شدة المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (c).

ب- مقدار القوة التي يؤثر فيها أحد الموصلين على وحدة الأطوال من الآخر.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa



س5: ab سلك طويل، cd سلك كتلته (6 g) وطوله (1.5 m) مواز للسلك ab ويقع السلكان في مستوى رأسي واحد، فإذا كان السلك cd قابلا للانزلاق للأعلى والأسفل على حاملين رأسيين ومرّ تيار شدته 120 A في الدارة، بيّن على أي ارتفاع فوق ab يتزن السلك cd.



س6: في الشكل المجاور وضع ملف حلزوني طوله 2π cm وعدد لفاته 25 لفة بين لوحين فلزيين متوازيين على بعد 10 cm من بعضهما، عند مرور شحنة -1 ميكروكولوم بالنقطة a بسرعة 2×10^{6} m/s في اتجاه محور الصادات الموجب، كان مقدار قوة لورنتز المؤثرة على الشحنة تساوي 5×10^{-3} N، فما مقدار التيار المار في الملف الحلزوني؟

س٧: يتحرك بروتون كتلته (1.67×10^{-27} kg)، وشحنته (1.6×10^{-19} C) بسرعة مقدارها (7×10^{4} m/s) باتجاه محور السينات الموجب في منطقة مجال كهربائي منتظم شدته (700 V/m) واتجاهه باتجاه محور الصادات الموجب. ما مقدار واتجاه المجال المغناطيسي الذي يجب تسليطه على المجال الكهربائي، بحيث يستمر البروتون في الحركة باتجاه محور السينات الموجب؟

س٨: X، Y جسيمان، حيث ($m_x = 2\ m_y$)، قذفا أحدهما تلوَ الآخر بنفس السرعة من النقطة (a) نحو أعلى الصفحة في مجال مغناطيسي منتظم مقتربا من الناظر، كما في الشكل المجاور، يحمل الجسيم (X) شحنة (-2 μC) بينما (Y) يحمل شحنة (1 μC)، إذا علمت أن نصف القطر الذي دار به الجسيم (X) قبل أن يصطدم بالحاجز يساوي (10 cm)، أوجد المسافة الفاصلة بين نقطتي اصطدام كلا الجسيمين بالحاجز.

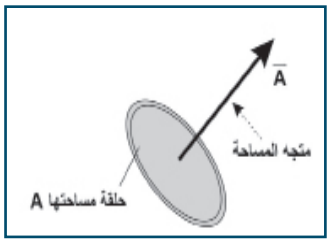
الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

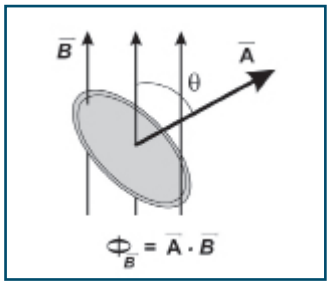
الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

1-8 الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

إن الشحنات الكهربائية الساكنة على سطوح الموصلات تولد مجالاً كهربائياً، وإذا سمح لهذه الشحنات بالحركة بفعل مؤثر ما فإنها تولد تياراً كهربائياً، التيار الكهربائي المار عبر هذه الموصلات يولد مجالاً مغناطيسياً على هيئة حلقات مقفلة حول هذه الموصلات، وما دامت التيارات الكهربائية تولد مجالات مغناطيسية، فهل من الممكن للمجال المغناطيسي أن يولد تياراً كهربائياً؟

2-8 التدفق المغناطيسي Magnetic Flux





توصل فارداي من خلال تنفيذ بعض الأنشطة الى أن تياراً كهربائياً يتولد في ملف عندما يتغير المجال المغناطيسي داخله، وبذلك يعمل الملف كمصدر للقوة الدافعة الكهربائية، أطلق عليها اسم القوة الدافعة الكهربائية الحثية، وعلى التيار المار فيها اسم التيار الحثي.

وقد تحقق فارادي كمياً من العوامل التي تؤثر في مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية. ووجد أنه كلما زاد معدل التغير في المجال المغناطيسي بالنسبة للزمن، زادت القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف. وعلى الرغم من أن تغير المجال المغناطيسي يولد تياراً كهربائياً، فإنه في حالات أخرى يكون المجال المغناطيسي ثابتاً، ويتولد فيها تيار حثي، كما هو الحال عند تغير مساحة الملف أو دورانه في المجال المغناطيسي. لقد استدل فارادي من معرفته لخطوط قوى المجال المغناطيسي أن معدل التغير في عدد خطوط قوى المجال المغناطيسي الذي يقطع ملف (أو حلقة) هو الذي يؤدي إلى توليد تيار حثي فيه. ولكن، بماذا يذكرك قطع خطوط المجال المغناطيسي لمساحة ما؟

لقد تعرفت سابقاً، أن قطع خطوط المجال الكهربائي لمساحة ما يسمى التدفق الكهربائي، وبالمثل، يُعرّف قطع خطوط المجال المغناطيسي لمساحة ما: التدفق المغناطيسي، والعلاقة التي تربط بين التدفق المغناطيسي خلال سطح ما، ومساحته، وشدة المجال المغناطيسي، هي:

$$\Phi_B = \mathbf{B}.\mathbf{A} = BA\cos\theta \qquad (8\text{-}1)$$

حيث:

A: متجه المساحة، وهو متجه مقداره يساوي مقدار مساحة السطح، واتجاهه عمودي على السطح للخارج.

B: شدة المجال المغناطيسي.

θ: الزاوية بين المجال المغناطيسي والعمودي على مستوى الملف (متجه المساحة).

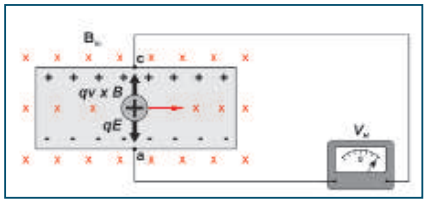
Φ_B: التدفق المغناطيسي، ويقاس بوحدة الوبر $Wb = T.m^2$

وبناءً على مفهوم التدفق المغناطيسي، يمكن تعميم النتيجة السابقة: يتولد تيار حثي في ملف، إذا حدث تغير في التدفق المغناطيسي خلاله.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

Induced Electromotive Force & Faraday's law

توصلت في البند السابق، إلى أنه يتولّد تيار حثّي في دارة مغلقة بسبب تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فلماذا نتجت القوة الدافعة الكهربائية الحثية؟ وما العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية الناتجة في ملف أو موصل؟



الشكل (8- 1)

للإجابة عن الأسئلة السابقة، دعنا نضع موصلاً (ac) طوله (L) في مجال مغناطيسي منتظم، ونقوم بسحبه نحو اليمين بسرعة ثابتة (v) باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم (B) يتجه عمودياً على الصفحة للداخل، كما في الشكل (8-1). وبذلك، فإن المجال المغناطيسي سيؤثر بقوة مغناطيسية في الشحنات الموجبة تساوي:

$\mathbf{F_B} = q\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ باتجاه الموصل من (a) إلى (c).

مما يؤدي إلى زيادة تركيز الشحنات الموجبة عند النقطة (c) والشحنات السالبة عند النقطة (a). وكنتيجة لعملية فصل الشحنات، يتولد مجال كهربائي داخل الموصل، يكون اتجاهه من (c) إلى (a)، وتستمر الشحنات بالتجمع عند طرفي الموصل؛ حتى تتّزن القوة الكهربائية إلى أسفل ($q\mathbf{E}$) والقوة المغناطيسية إلى الأعلى ($q\,\mathbf{v} \times \mathbf{B}$) ، عندها تتوقف حركة الشحنات باتجاه طرفي الموصل. وبذلك، فإنه يمكننا التعبير عن حالة الاتزان هذه في الموصل في الاتجاه الصادي بالمعادلة: $F_B = F_E$

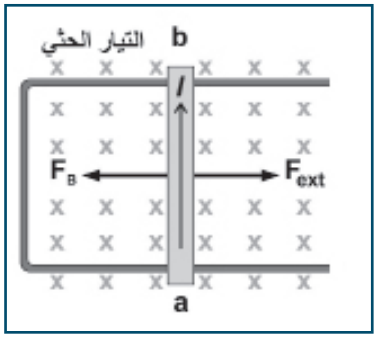
ومنها نجد: $q\,\mathbf{v} \times \mathbf{B} = q\mathbf{E}$

$$E = v\,B \qquad (8\text{-}2)$$

وبما أنّ فرق الجهد المتولد بين طرفي الموصل يعطى بالعلاقة: $\mathbf{V = E\,L}$ ، فإنّه بالتعويض عن قيمة $\mathbf{E}$ في المعادلة (9-2)، فإنّ: $V = v\,B\,L$

وتمثل القوة الدافعة الكهربائية الحثية بين طرفي الموصل، ويرمز لها بالرمز ε

$$\varepsilon = v\,B\,L \qquad (8\text{-}3)$$



الشكل (9- 2)

فإذا تم وصل طرفي الموصل (a b) بسلك خارجي على شكل حرف (U)، بحيث يشكل مجرى يمكن للموصل أن ينزلق عليه، وقمنا بسحب الموصل (a b) بتأثير قوة خارجية، وبسرعة ثابتة نحو اليمين، باتجاه عمودي على خطوط المجال المغناطيسي، حينها يتولد تيار حثي بالاتجاه المبين في الشكل (8- 2). ومع وجود الموصل في المجال المغناطيسي، فإن المجال يؤثر بقوة مغناطيسية في التيار الذي يسري في الموصل (a b) عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي يكون اتجاهها نحو اليسار. وبما أنّ الموصل يتحرك بسرعة ثابتة، فإنّ القوة الخارجية (F_{ext}) تساوي القوة المغناطيسية، وتعاكسها في الاتجاه)؛ أي أنّ: $F_{ext} = -F_B = -ILB$

وخلال إزاحة الموصل إزاحة (Δx) تتغير المساحة التي تخترقها خطوط المجال المغناطيسي بمقدار ($L\Delta x$)، ويُحسب الشغل المبذول من القوة الخارجية وفق المعادلة:

$$W = F_{ext}\ (\Delta x)$$

$$W = -ILB\Delta x$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

حيث: $L\ \Delta x = \Delta A$

$W = -I\Delta\phi$

ويتحول هذا الشغل إلى طاقة كهربائية، وتساوي $(\varepsilon I\Delta t)$ أي أن: $\varepsilon I\Delta t = -I\Delta\phi$ ومنها نجد أن: $\varepsilon_{ave} = \dfrac{-\Delta\phi}{\Delta t}$

وهذه حالة عامة، تبيّن أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتولد عند تغيّر التدفق المغناطيسي، بغض النظر عن شكل الدارة أو الملف، وإذا كان الملف يتكون من (N) لفة، فإن التدفق يتغيّر خلال كل لفة بالنسبة للزمن بالمقدار نفسه، فتكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية الكلية تساوي:

$$\varepsilon_{ave} = -N\ \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (8\text{-}4)$$

وتعبر العلاقة السابقة عن الصيغة الرياضية لقانون فارادي الذي ينص على أن:

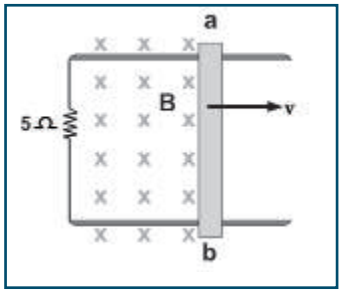
متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الدارة الكهربائية.

فإذا كانت مقاومة الأسلاك (**R**)، فإن التيار الحثي الذي يسري في الدارة يساوي:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \qquad (8\text{-}5)$$

سؤال: مبتدئا بقانون فارداي كيف يمكن التوصل للعلاقة: $\varepsilon = v\ B\ L$

مثال (1):



موصل a b طوله 40 cm متصل على التوالي مع مقاومة 5 Ω في مجال مغناطيسي 0.3 T إذا تحرك الموصل لليمين بسرعة 3 m/s كما في الشكل، أوجد:

1) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة.

2) شدة التيار الحثي.

3) القوة الخارجية اللازمة حتى يتحرك الموصل بسرعة ثابتة.

الحل:

1) $\varepsilon = v\ B\ L = 3 \times 0.3 \times 0.4 = 0.36\ V$

2) $I = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{0.36}{5} = 0.072\ A$ عكس عقارب الساعة

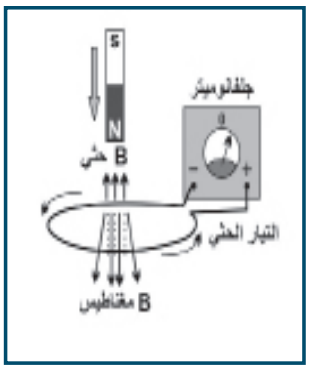
3) $F_{ext} = |F_B| = ILB = 0.072 \times 0.4 \times 0.3 = 0.00864\ N, (+\mathcal{X})$ باتجاه

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

لعلك لاحظت في الأنشطة العملية السابقة أن انحراف مؤشر الجلفانوميتر عند تقريب المسبب في توليد التيار الحثي في الملف يكون معاكساً لانحرافه حال إبعاده، فهل فكرت في السبب؟ وما دلالة وجود الإشارة السالبة في قانون فارادي؟

لقد استخدم لنز مبدأ حفظ الطاقة للتوصل إلى قاعدة لتحديد قطبية القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في ملف أو سلك، وبالتالي اتجاه التيار الحثي المتولد في ملف عندما يتغير فيه التدفق المغناطيسي. وكما هو شأن أي تيار آخر، فإن التيار الحثي ينتج مجالاً مغناطيسياً خاصاً به (B حثي)، فيتولد عنه تدفقٌ مغناطيسيٌ في الملف يقاوم التغير في التدفق الذي أنشأه، ويحدد اتجاه التيار الحثي في الملف باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

فعند تقريب قطب شمالي من حلقة فلزية دائرية متصلة بطرفي جلفانوميتر كما في الشكل(8-3)، يزداد التدفق المغناطيسي فيها باتجاه الأسفل، فيتولد في الحلقة قوة دافعة حثية ينشأ عنها تيار حثي اتجاه مجاله المغناطيسي للأعلى (بعكس اتجاه المجال المؤثر). وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الحثي فيها عكس عقارب الساعةعند النظر إليها من أعلى، فيكون طرف الملف القريب من المغناطيس قطباً شمالياً يتنافر مع القطب الشمالي للمغناطيس ليقاوم اقترابه. وبذلك يحاول التيار الحثي المتولد في الملف الحفاظ على بقاء التدفق في الملف ثابتاً.



الشكل (8- 3)

إذن فالقوة الدافعة الكهربائية الحثية تنشأ، بحيث تقاوم التغير في التدفق الذي كان سبباً في توليدها، وتعرف هذه النتيجة بقانون لنز الذي ينص على:

(يكون اتجاه التيار الحثي المتولد في دارة كهربائية أو ملف، بحيث يقاوم المولد له، وهو التغير في التدفق المغناطيسي)

أناقش:

ماذا يحدث في الحالة السابقة إذا تم:

1- إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن الحلقة؟

2- تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من الحلقة؟

وبذلك يمكن تفسير وجود الإشارة السالبة في قانون فارادي، بأن التيار الحثي المتولد في الموصل أو الملف يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه.

ولتحديد اتجاه التيار الحثي في ملف باستخدام قانون لنز، اتبع الخطوات الآتية:

1- حدد اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر الذي يخترق الملف.

2- حدد التغير في التدفق المغناطيسي في الملف زيادة أو نقصاناً.

3- حدد اتجاه المجال المغناطيسي الحثي المتولد في الملف الذي يقاوم التغير في التدفق، كما يأتي:

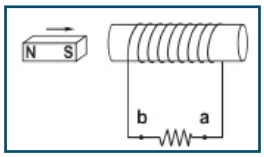
- عندما يزداد التدفق: يكون اتجاه المجال المغناطيسي الحثي بعكس اتجاه المجال المؤثر.
- عندما يقل التدفق: يكون اتجاه المجال المغناطيسي الحثي بنفس اتجاه المجال المؤثر.

4- حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في الملف باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

مثال (2):

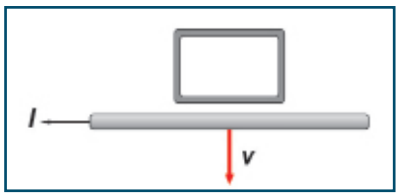
بيّن اتجاه التيار الحثي المتولد في الملف المبين في الشكل (8-4) عند تقريب المغناطيس منه.



الشكل (8-4)

الحل:

إن تقريب المغناطيس من الملف سيؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف، فيتولد في الملف تيار حثي ينتج مجالاً مغناطيسيا، يكون اتجاهه بحيث يعاكس (أو يقاوم) هذه الزيادة (الملف يحاول إبعاد المغناطيس)، وبالتالي سيكون الملف مغناطيساً قطبه الجنوبي قريب من المغناطيس الأصلي، بحيث يحدث تنافر بينه وبين المغناطيس الأصلي، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الحثي في المقاومة من b إلى a.



الشكل (8- 5)

سؤال: ما اتجاه التيار الحثي في الحلقة الفلزية المبينة في الشكل (8-5) عند:

- تحريك سلك يسري فيه تيار كهربائي بعيداً عنها.
- زيادة تيار السلك.
- تحريك الحلقة يميناً بسرعة ثابتة.

5-8 الحث الذاتي Self - Induction

تعرفت سابقاً أن المواسع يخزن طاقة وضع كهربائية في المجال الكهربائي بين لوحيه اعتماداً على سعته. وبالمثل، فإن الملف يخزن طاقة وضع كهربائية في المجال المغناطيسي داخله، فما العوامل التي تعتمد عليها مقدرة الملف على تخزين الطاقة داخله؟

تختلف الملفات في مقدرتها على تخزين الطاقة داخلها، ويمكن تمييزها من خلال مفهوم المحاثة، حيث تُعرّف محاثة الملف (أو المحث) **بأنها النسبة بين التدفق المغناطيسي في الملف إلى شدة التيار المار فيه**؛ أي أن:

$$L_{in} = \frac{N\phi}{I} \qquad (8\text{-}6)$$

حيث، N: عدد لفات الملف.

وتعرف (L_{in}) بالمحاثة، أو معامل الحث الذاتي للملف؛ لأن التدفق ناتج عن مرور التيار فيه.

ووحدتها (هنري= ويبر/ أمبير) H =Wb/A ومن أجزائها الملي هنري والميكروهنري. ويُرمز لها في الدارات الكهربائية بالرمز ولحساب معامل الحث الذاتي لملف حلزوني:

$$L_{in} = \frac{N\phi}{I} = N\frac{BA}{I} = N\frac{\mu_\circ I\, nA}{I}$$

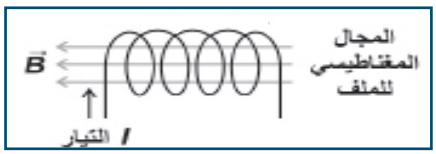
$$L_{in} = \frac{\mu_\circ N^2 A}{L} \qquad (8\text{-}7)$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

أ- بين ما يحدث لمقدار معامل الحث الذاتي لملف حلزوني إذا:

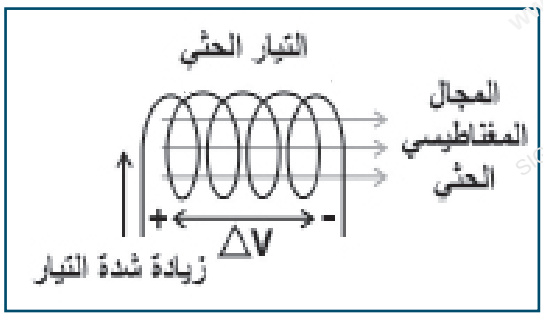
- ضوعف عدد اللفات مع بقاء طوله ثابتاً.
- ضوعف طول الملف إلى مثلي طوله الأصلي مع بقاء عدد اللفات ثابته.
- ضوعفت شدة التيار المار فيه.

ب – فسر: المحاثة كمية فيزيائية موجبة دائما.



الشكل (a-6-8)

يبين الشكل (a-6-9) المجال المغناطيسي الثابت المتولد في ملف حلزوني عندما يمر فيه تيار كهربائي ثابت في المقدار. وعند زيادة شدة التيار في دارة الملف الحلزوني، يزداد التدفق المغناطيسي خلاله باتجاه اليسار نتيجة لزيادة شدة المجال المغناطيسي في الملف، وحسب قانون لنز يتولد في الملف قوة دافعة حثية، وينشأ عنها تيار حثي مجاله المغناطيسي بعكس اتجاه المجال الأصلي (باتجاه اليمين)، ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وعليه، يكون اتجاه القوة الدافعة الحثية واتجاه التيار الحثي بعكس اتجاه التيار الأصلي في الملف، وهذا يعني أن التيار يزداد تدريجياً مع الزمن حتى يصل إلى قيمته العظمى.



الشكل (b-6-8)

أما عندما تقل شدة التيار الكهربائي في دارة الملف الحلزوني، فيقل التدفق المغناطيسي فيه، فيتولد في الملف الحلزوني قوة دافعة كهربائية حثية ينشأ عنها تيار حثي مجاله المغناطيسي بنفس اتجاه المجال الأصلي ليقاوم النقصان في التدفق. وعليه، يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثية واتجاه التيار الحثي بنفس اتجاه التيار الأصلي في الملف، وهذا يعني أن التيار يقل تدريجياً مع الزمن؛ حتى يصل إلى قيمته الصغرى كما في الشكل (b-6-9). وتُعرف هذه الظاهرة بالحث الذاتي.

إذا تغير التيار بمقدار (ΔI) خلال زمن (Δt)، فإن التدفق (ϕ) يتغير بمقدار $(\Delta\phi)$، لذا فمن المعادلة (6-8) نجد أن:

$$L_{in}\Delta I = N\,\Delta\phi$$

وبقسمة الطرفين على (Δt)، فإن:

$$L_{in}\frac{\Delta I}{\Delta t} = N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\varepsilon$$

$$\varepsilon = -L_{in}\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad (8\text{-}8)$$

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

ويمكن تعريف معامل الحث الذاتي لمحث بأنه: النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في المحث، والمعدل الزمني لتغير التيار فيه.

ويُعرف الهنري بأنه: معامل الحث الذاتي لمحث تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها فولت واحد عندما يتغير فيه التيار بمعدل أمبير واحد في الثانية.

مثال (3):

ملف حلزوني مكون من 300 لفة وطوله 0.25 m ومساحة مقطعه $4\ cm^2$ ، احسب:

1) محاثة الملف.

2) القوة الدافعة الحثية في الملف عندما يتناقص التيار المار في الملف بمعدل 50 A/s .

الحل: _____

$$n = \frac{N}{L} = \frac{300}{0.25} = 1200\ turn/m$$

$$L_{in} = \mu . n^2 L\ A$$

$$L_{in} = 4\pi \times 10^{-7} \times 1200^2 \times 0.25 \times 4 \times 10^{-4} = 1.81 \times 10^{-4}\ H$$

$$\varepsilon = -L_{in} \frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.81 \times 10^{-4} \times -50 = 9.05 \times 10^{-3}\ V$$

www.wepal.net SIGNED TRACK 96639c372e570bfa

أسئلة الفصل:

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة للفقرات الآتية:

1. أي الآتية لا تعدّ وحدة لقياس معامل الحث؟

أ- $\Omega . s$ ب- A/J ج- J/A^2 د- Tm^2/A

2. ما الزاوية بين المجال المغناطيسي ومستوى الملف عندما يصل التدفق المغناطيسي عبر الملف الى نصف قيمته العظمى؟

أ- 0 ب- 30° ج- 45° د- 60°

3. ملف عدد لفاته 50 لفة، ومقدار التدفق المغناطيسي خلاله 5 mWb، عندما يمر به تيار شدته 2 A، فما محاثة هذا الملف؟

أ- 125 m H ب- 125 H ج- 20 mH د- 20 H

4. ما المبدأ الذي استخدمه لنز لبناء قانونه في تحديد اتجاه التيار الحثي؟

أ- حفظ الشحنة ب- حفظ الطاقة ج- حفظ الزخم د- حفظ الكتلة

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

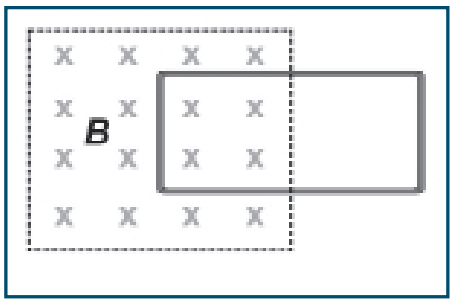
5. أي الآتية لاتعد وحدة لقياس التدفق المغناطيسي؟

أ- $V.s$. ب- $Wb.A$.

ج- J/A^2 . د- $T.m^2$.

6. ملف حلزوني معامل حثه الذاتي 12H، أعيد تشكيله الي مثلي طوله فإن معامل حثه بوحدة H يساوي:

أ- 3 ب- 6 ج- 24 د- 28



س2: وضح المقصود بكل من:

الحث الكهرومغناطيسي، وقاعدة لنز، والهنري.

س3: في الشكل المجاور حدد اتجاه التيار الحثي في الحلقة:

1- لحظة سحبها لليمين بسرعة ثابته.

2- لحظة ازدياد شدة المجال المغناطيسي.

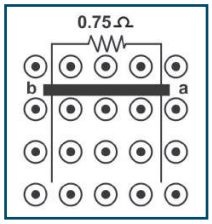
س4: مجال مغناطيسي شدته 0.2 T عمودي على مستوى ملف مكون من 500 لفة مساحة اللفة الواحدة $100\ cm^2$، احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة:

1- عند إخراج الملف من المجال المغناطيسي خلال 0.1s

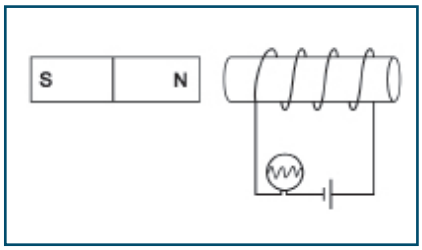
2- عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي خلال 0.2s

س5: ملف حلزوني به (600) لفة، ومساحة مقطعه ($4 \times 10^{-4}\ m^2$) قلبه من الحديد حيث μ للحديد تساوي $22\pi \times 10^{-4}\ T.m/A$، ومعامل حثه الذاتي (0.50 H)، ويمر به تيار شدته (0.50 A)، أوجد:

- طول الملف.
- متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف إذا انعدم التيار المار فيه خلال (0.25 s).



س6: موصل كتلته 0.15 kg وطوله 1 m ينزلق تحت تأثير وزنه للأسفل بسرعة ثابتة 2 m/s في مستوى رأسي على سكة موصلة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على الصفحة للخارج، فما شدة المجال المغناطيسي، ومقدار واتجاه التيار الحثي؟



س7: ملف حلزوني، يتصل مع مصباح كهربائي وبطارية، وبالقرب منه مغناطيس قوي. ما التغيرات التي تطرأ على درجة سطوع المصباح في كل من الحالات الآتية:

أ- إذا قُرِّبَ المغناطيس نحو الملف.

ب- إذا تحرك الملف والمغناطيس يميناً بنفس السرعة.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

أسئلة الوحدة

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة

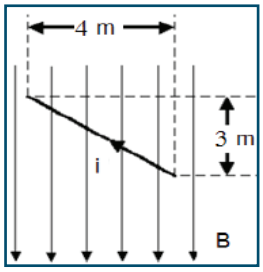
1. إذا تحرك جسيم مشحون عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم فإن جميع ما يلي صحيحاً ما عدا ؟

أ- يتأثر بقوة مغناطيسية. ب- تتغير مقدار سرعة الجسيم.

ج- يتغير زخمه الخطي. د- يتحرك بمسار دائري.

2. أي من الآتية يمثل وحدة شدة المجال المغناطيسي؟

أ- $C.m/s$ ب) $C.s/m$ ج- $kg/C.s$ د- $N/m.s$



3. يبين الشكل المجاور سلكاً يسري فيه تيار كهربائي شدته (10 A) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.01 T). ما مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك بوحدة نيوتن؟

أ- (0.3) ب- (0.4)

ج- (0.5) د- (1)

4. يتحرك أيون يحمل شحنة موجبة مقدارها (3.2×10^{-19} C) في منطقة مجالين متعامدين: كهربائي وشدته (5×10^4 V/m)، ومغناطيسي شدته (0.8 T). إذا كان تسارع هذا الايون يساوي صفراً، فما مقدار سرعته بوحدة (m/s) ؟

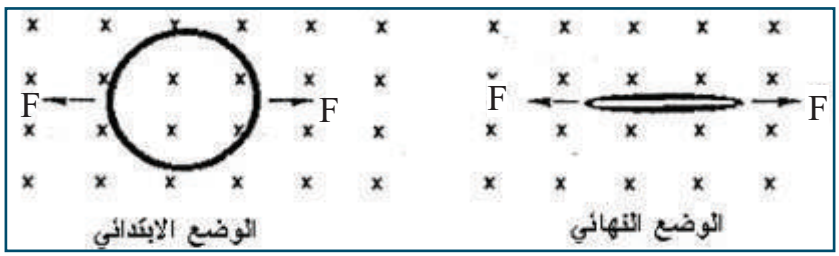
أ- صفر ب- 1.6×10^4 ج- 4×10^4 د- 6.3×10^4

5. تقاس القوة الدافعة الكهربائية الحثية بوحدة:

أ- $T.m^2/s$ ب- $V.m/s$ ج- T/s د- V/s

6. يبين الشكل المجاور حلقة معدنية مرنة نصف قطرها (15 cm)، ومقاومتها (4 Ω)، موضوعة في مستوى عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.25 T) مبتعد عن الناظر. إذا شدت الحلقة من منتصفيها بقوتين متساويتين ومتعاكستين حتى تلاشت مساحتها خلال زمن قدرة (0.3 s)، فما مقدار متوسط القوة الدافعة الحثية المتولدة فيها بوحدة الفولت؟

أ- 0.12 ب- 0.018 ج- 1.8 د- 0.059



الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

7. سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي منتظم، حيث طوله عمودي على المجال كي يتولد قوة دافعة حثية في السلك يجب تحريكه في اتجاه:

أ- يوازي كلا من طوله واتجاه المجال المغناطيسي.

ب- يوازي طوله وعمودي على المجال المغناطيسي.

ج- عمودي على كل من طوله واتجاه المجال المغناطيسي.

د- عمودي على السلك وموازٍ للمجال.

8. أي من الآتية لا تعتمد عليه محاثة الملف الحلزوني؟

أ- طوله ب- عدد اللفات ج- شدة التيار د- مساحة مقطعه

9. ما وحدة قياس التدفق المغناطيسي

أ- Wb/m^2 ب- $T.m^2$ ج- $T.m$ د- T/m

10. ملف حلزوني يمر فيه تيار كهربائي، تم تقسيمه إلى جزأين بنسبة طولية 1:2، ما شدة المجال $B_1 : B_2$ على محوريهما؟

أ) 1 :2 ب) 2 :1 ج)1:1 د)1: 4

11. التردد الزاوي ω لجسيم مشحون يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم يعطى بالعلاقة:

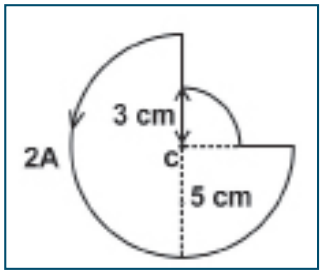
أ) $\frac{v}{R}$ ب) $\frac{qm}{R}$ ج) $\frac{R}{v}$ د) $\frac{mv}{q}$

س2: أ- علل ما يأتي:

1- لا تنحرف الجسيمات المشحونة عند دخولها منتقي السرعات بسرعة $v = \frac{E}{B}$

2- لا يستخدم قانون أمبير لاشتقاق المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري.

ب- عرف كلا من: التسلا، وخط المجال المغناطيسي، والويبر، والأمبير.



س3: يمثل الشكل المجاور سلكاً يسري فيه تيار كهربائي شدته (2 A) في الاتجاه المبين. ما شدة المجال المغناطيسي عند النقطة (c) المبينة في الشكل؟

س4: يتسارع بروتون من السكون خلال فرق جهد مقداره (1000 V)، ثم يدخل مجالاً مغناطيسياً شدته 0.04 T بشكل عمودي على خطوط المجال المغناطيسي. إذا علمت أن كتلة البروتون (1.67×10^{-27} kg)، وشحنته 1.6×10^{-19} C أوجد:

أ- نصف قطر مسار البروتون. ب- الزمن الدوري له.

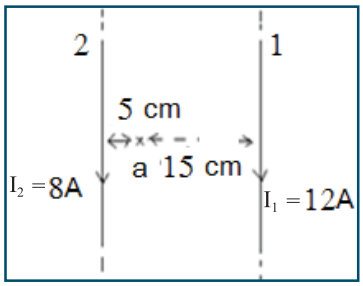
ج- تردد حركة البروتون. د- التردد الزاوي لحركة البروتون.

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

س5: ملف حلزوني معامل حثه الذاتي (0.25 H). ما مقدار معامل حثه الذاتي إذا:

أ- ضغط الملف ليقل طوله إلى ثلث ما كان عليه مع ثبات عدد اللفات.

ب- أنقص عدد لفاته إلى الربع دون تغيير طوله.

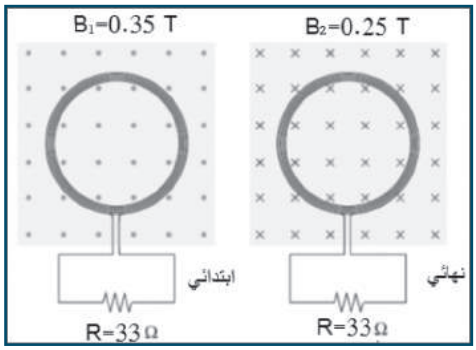


س6: يبين الشكل، سلكين لا نهائيين طويلين جدا المسافة بينهما (20 cm)، جد:

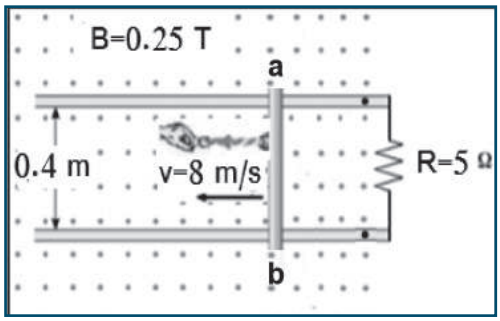
أ. القوة المتبادلة بينهما لوحدة الأطوال.

ب. شدة المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (a) التي تبعد (15 cm) عن السلك الأول، (5 cm) عن السلك الثاني.

ج. بعد النقطة التي تنعدم فيها شدة المجال المغناطيسي عن أحد السلكين.



س7: يبين الشكل المجاور، ملفاً دائرياً قطره (12 cm) وعدد لفاته (200) لفة، موصول بطرفي مقاومة مقدارها (33 Ω)، وموضوع في مستوى عمودي على مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.35 T) يتجه نحو الناظر. إذا انعكس اتجاه المجال المغناطيسي، وتغيرت شدته إلى (0.25 T) خلال زمن (0.5 s)، فما مقدار شدة التيار الحثي المار في المقاومة R؟

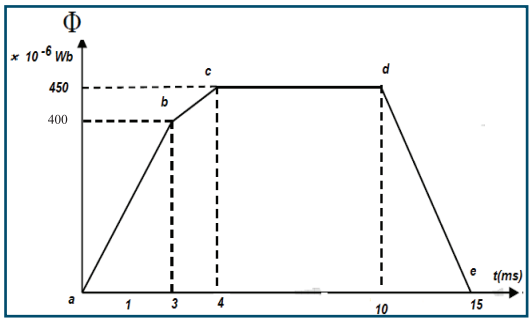


س8: في الشكل المجاور، تسحب قوة خارجية موصلاً a b طوله (0.4 m) بسرعة ثابتة مقدارها (8 m/s) باتجاه محور السينات السالب، عمودياً على خطوط مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.25 T) يتجه نحو الناظر. أجب عما يأتي:

أ- ما مقدار القوة الدافعة الحثية المتولدة فيه؟

ب- ما اتجاه التيار الحثي المتولد فيه؟

ج- ما مقدار قوة السحب اللازمة لتحريك الموصل بسرعة ثابتة؟



س11: يتغير التدفق المغناطيسي خلال ملف مكون من 1000 لفة حسب المنحنى في الشكل المجاور، أوجد:

أ. القوة الدافعة الحثية المتوسطة في كل مرحلة من مراحل تغير التدفق.

ب. مثل بيانيا العلاقة ين القوة الدافعة الحثية والزمن.

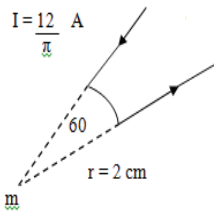
الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

اختبار

س1: ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة للفقرات الآتية:

1. ملفان حلزونيان من النحاس يتكون كل ملف منهما من 2000 لفة طول الملف الأول 2 m وطول الملف الثاني 1 m النسبة بين المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الأول B_1 إلى المجال المغناطيسي الناشئ B_2 عندما يسري فيهما تياران متساويان B_2 / B_1 تساوي:

أ . 4/1 ب . 2/1 ج . 1/1 د . 1/4



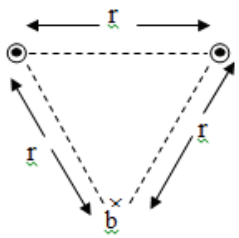
2. في الشكل المجاور تكون شدة المجال المغناطيسي في المركز (m):

أ . 4×10^{-5} T (Z−) ب . 4×10^{-5} T (Z+)

ج . 2×10^{-3} T (Z+) د . 2×10^{-5} T (Z−)

3. سلك مستقيم لف على شكل ملف دائري لفة واحدة ومرر به تيار كهربائي ، إذا لف السلك نفسه على شكل ملف دائري أربع لفات ومرر به نفس التيار فإن النسبة بين شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف الأول (B_1) إلى (B_2) عند مركز الملف الثاني هي:

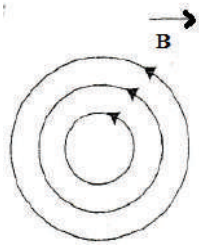
أ . 16 : 1 ب . 2 : 1 ج . 8 : 1 د. 4 : 1



4. في النقطة (b) التي تقع إلى جانب سلكين لا نهائيين متوازين يحملان تيارين متساويين وفي اتجاه واحد باتجاه الناظر كما في الشكل يكون اتجاه المجال المغناطيسي الناتج من السلكين:

أ. السيني الموجب ب. الصادي الموجب ج. السيني السالب د. الصادي السالب

5. يمكن الحصول على المجال المغناطيسي المنطبق على سطح الورقة والمبين في الشكل عن طريق إمرار تيار كهربائي في سلك مستقيم موضوع



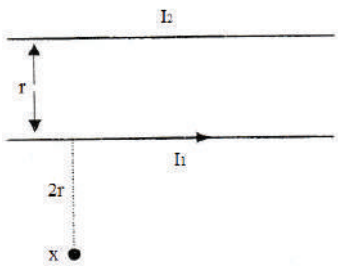
أ) في مستوى الورقة ويمر تيار باتجاه الشمال

ب) عمودياً على مستوى الورقة ويمر فيها تيار باتجاه

ج) في مستوى الورقة ويمر فيه تيار باتجاه ⊙ الغرب

د) عمودياً على مستوى الورقة ويمر فيه ⊗ تيار باتجاه

6. في الشكل المقابل سلكان متوازيان لا نهائيان في الطول وفي مستوى الصفحة إذا انعدمت شدة المجال المغناطيسي الناتجة عن تياريهما عند النقطة X فإن (I_2) يساوي :

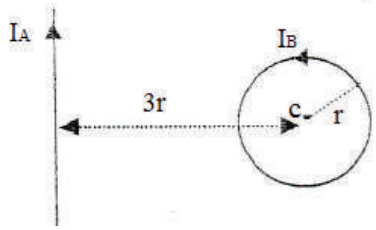


أ) $\frac{2}{3} I_1$ باتجاه معاكس له ب) $\frac{3}{2} I_1$ باتجاه معاكس له

ج) $\frac{3}{2} I_1$ بنفس الاتجاه د) $\frac{2}{3} I_1$ بنفس الاتجاه

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

7. في الشكل المجاور إذا كانت المسافة بين مركز الحلقة الدائرية والسلك المستقيم اللانهائي تساوي 3r وكانت شدة المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة تساوي صفراً فإن النسبة بين $I_B : I_A$ تساوي

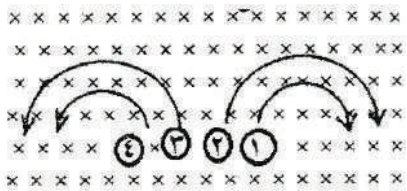


أ) $1 : 3\pi$ ب) $3\pi : 1$ ج) $1 : 6\pi$ د) $1 : 3$

8. ملف دائري نصف قطره (r) وعدد لفاته (N) ويمر فيه تيار كهربائي (I)، إذا سحب من طرفيه باتجاه عمودي على سطحه بحيث أصبح ملفاً حلزونياً. ما طول الملف الحلزوني بدلالة r اللازم لجعل شدة المجال المغناطيسي على محوره بعيداً عن الأطراف مساوياً نصف شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري .

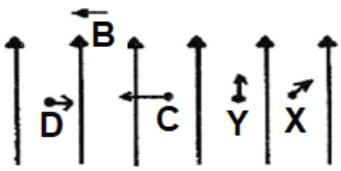
أ) $0.25\,r$ ب) $0.5\,r$ ج) $2\,r$ د) $4\,r$

9. أدخلت أربعة جسيمات متساوية في مقدار كل من الشحنة والسرعة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم فاتخذت المسارات المبينة في الشكل المجاور الجسيم الذي يحمل شحنة سالبة وله أكبر كتلة هو:



أ . (1) ب . (2) ج . (3) د . (4)

10. أربعة جسيمات مشحونة تتحرك في مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل الجسم الذي تكون القوة المغناطيسية المؤثرة فيه تساوي صفراً هو:

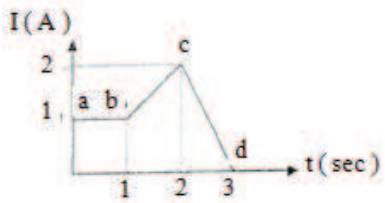


أ . X ب . Y ج . C د . D

11. ملفان حلزونيان (a ، b) متماثلان في الطول ومساحة المقطع عدد لفات الملف a تساوي 3 أضعاف عدد لفات الملف b فإن النسبة بين $L_{in\,b} : L_{in\,a}$ تساوي :

أ . 1 : 3 ب . 1 : 9 ج . 3 : 1 د . 9 : 1

12. الشكل الآتي يمثل العلاقة بين شدة التيار الكهربائي والزمن في ملف حلزوني إذا علمت أن معامل حثه الذاتي 80 mH فإن القوة الدافعة الحثية المتولده فيه بوحدة الفولت خلال الفترة الزمنية (c – d) هي:



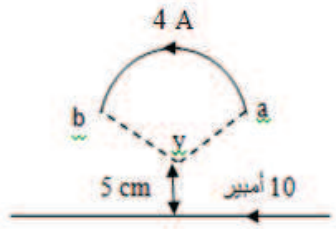
أ . صفر ب . 0.16 ج . −0.08 د . 1.6

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa

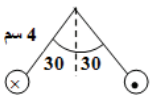
س2: حلقة دائرية نصف قطرها 5 cm يسري فيها تياراً شدته 10 أمبير

1. احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز الحلقة.
2. إذا ثنيت الحلقة من منتصفها بحيث يتعامد كل نصف حلقة النصف الآخر، احسب شدة المجال المغناطيسي في المركز.

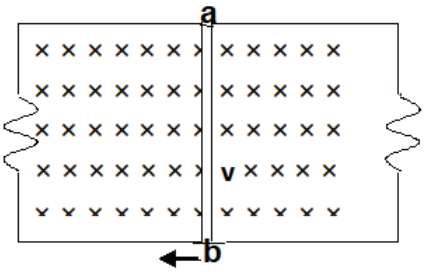
س3: في الشكل المجاور إذا كان طول القوس (a ، b) يساوي $0.5\ \pi$ m، احسب نصف قطر الملف علماً بأن شدة المجال المغناطيسي عند النقطة (y) تساوي صفراً .



س4: علق سلكان طويلان ومتوازيان بوساطة خيطين طول كل منهما $(4cm)$ من نقطة واحدة فإذا كانت كتلة وحدة الأطوال لكل منهما $50g/m$ ومرّ فيهما تياران متساويان ومتعاكسان جد شدة تيار كل منهما إذا كانت الزاوية بين كل من خيطي التعليق والعمودي تساوي 30 ثم احسب مقدار قوة الشد.



س5: أثرت قوة على موصل ab طوله 20 cm ، ينزلق على موصلين متوازيين ، فحركته بسرعة ثابتة مقدارها 8 m/s باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم مقداره 2.5 T ، كما في الشكل المجاور ، احسب:



1. التيار الحثي المتولد في كل من المقاومتين 5 Ω ، 2 Ω
2. مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (ab) واتجاهها .

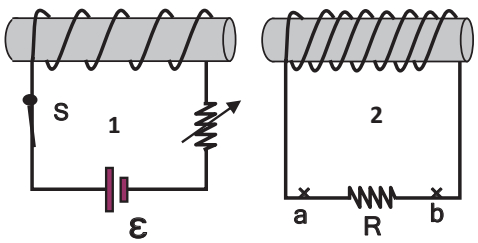
س6: ملف حلزوني طوله 20cm وعدد لفاته 200 لفة ويمر فيه تيار شدته 2A وضع داخله ملف دائري صغير عدد لفاته 50 لفه ومساحة وجهه $2cm^2$ بحيث كان الملفان متحدين في المحور، احسب متوسط القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف الدائري:

1. **إذا فتحت دارة الملف الحلزوني وانعدمت شدة التيار فيه في زمن مقداره 0.1s .**
2. **إذا دار الملف الدائري داخل الملف بحيث أصبح محوره عمودي على محور الملف الحلزوني خلال 0.1s**

س7: في الشكل المجاور بين اتجاه التيار الحثي في المقاومة (R)

في الحالات الآتية مع التوضيح :-

1. **عند إبعاد الدارة (1) .**
2. **عند نقصان المقاومة المتغيرة في الدارة (1) .**
3. **عند فتح المفتاح .**
4. **عند إخراج القالب من الدارة (1)**



س8: ملف حلزوني مر فيه تيار كهربائي فاستغرق نموه من الصفر حتى قيمته العظمى 5A فترة زمنية مقدارها 0.05s وكان التدفق الناتج من ذلك 12×10^{-3} T.m^2 كما كانت القوة الدافعة الحثية المتولدة فيه أثناء ذلك 60V ، احسب: 1. محاثة الملف . 2. عدد لفات الملف

الملتقى التربوي
. https://www.wepal.net
www.wepal.net | RESOURCE #114104 | TRACK 96639c372e570bfa