

المغناطيسية

Magnetism

الوَحدة

5

أتأمل الصورة

أنشئ مركز السنكروترون (SESAME) في الأردن ليُستخدم في البحث العلمي والتدريب، وبدأ تشغيله سنة 2017م بطاقة قصوى تساوي 2.5 GeV. تُستخدم المجالات الكهربائية والمغناطيسية في مسار السنكروترون في تسريع الجسيمات المشحونة، مثل الإلكترونات والبروتونات، والتحكم في مسارها داخل مسار حلقي مغلق، فيستج من هذه الجسيمات المسرعة انبعاث ضوء شديد السطوع وأشعة كهرومغناطيسية غير مرئية، هي؛ أشعة تحت حمراء وأشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية؛ تُستخدم جميعها في دراسة التركيب الذري للمادة على مستوى قياسات (nm)، ما يقيد في تطبيقات واسعة في مجالات الطب والصناعة والزراعة والبيئة.

كيف يجري تسريع الجسيمات المشحونة وإكسابها طاقة حركية كبيرة؟ وكيف يجري التحكم في مسارها؟

الوحدة الخامسة: المغناطيسية

Magnetism

الدرس الثالث: الحث الكهرومغناطيسي

الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

الدرس الأول: القوة المغناطيسية

الفكرة الرئيسية:

يرتبط تولد قوة دافعة كهربائية حثية وتيار كهربائي حثي في دارة مغلقة بتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، يُحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية بقانون فارادي، ويُحدّد اتجاه التيار بقانون لنز.

نتائج التعلم:

- استكشف طرائق توليد قوة دافعة كهربائية حثية في دارة كهربائية باستخدام مجال مغناطيسي.
- أوظف قانون فارادي في حساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية في دارة كهربائية.
- أحسب القوة الدافعة الحثية المتولدة في موصل مستقيم متحرك في مجال مغناطيسي عمودي عليه.
- استخدم قانون لنز في الحث، محددًا اتجاه التيار الحثي في دارة كهربائية.
- أتوصل إلى علاقة رياضية تحدد العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي الملف لولبي.

المفاهيم والمصطلحات:

القوة الدافعة الكهربائية الحثية

Induced Electromotive Force

قانون فارادي في الحث

Faraday's Law of Induction

قانون لنز Lenz's Law

الحث الذاتي Self Induction

معامل الحث الذاتي Coefficient of Self Induction

الفكرة الرئيسية:

يمكن توليد مجال مغناطيسي بتمرير تيار كهربائي في موصل، ويُحسب المجال المغناطيسي الذي يولده موصل يحمل تيارًا كهربائيًا باستخدام علاقات رياضية تعتمد على عوامل، منها شكل الموصل الذي يحمل التيار.

نتائج التعلم:

- أستنتج معتمدا على قانون بيوسافار العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار يمر في موصل.
- أحسب المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي مستمر في موصل مستقيم وطويل، وملف دائري، وملف لولبي.
- أصف خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم وطويل، و ملف دائري، وملف لولبي.

المفاهيم والمصطلحات:

النفاذية المغناطيسية

Magnetic Permeability

ملف لولبي Solenoid

مناطق مغناطيسية

Magnetic Domains

الفكرة الرئيسية:

يولد المغناطيس حوله مجالاً مغناطيسياً يؤثر بقوة في المواد المغناطيسية وفي الشحنات الكهربائية المتحركة فيه. للقوة المغناطيسية تطبيقات علمية وحياتية مختلفة، منها السينكروترون، ومطياف الكتلة، والمحرك الكهربائي.

نتائج التعلم:

- أستنتج من التجربة العملية أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة مغناطيسية في الشحنة المتحركة فيه.
- أحسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في الشحنة المتحركة فيه وأحدد اتجاهها
- أشرح مبدأ عمل كل من مطياف الكتلة والسينكروترون.
- أستنتج من التجربة أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة مغناطيسية في موصل داخل المجال ويحمل تياراً كهربائياً.
- أحسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في الموصل الذي يحمل تياراً كهربائياً، وأحدد اتجاهها.
- أصف العزم المؤثر في حلقة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم وأحدد اتجاه الدوران.
- أصف مبدأ عمل المحرك الكهربائي.

المفاهيم والمصطلحات:

مجال مغناطيسي Magnetic Field

تسلا tesla

مطياف الكتلة Mass Spectrometer

سينكروترون Synchrotron

الفكرة العامة

للمجال المغناطيسي تطبيقات حياتية وعلمية مهمة. ينشأ المجال المغناطيسي مهما كانت مصادره نتيجة لحركة الشحنات الكهربائية؛ على شكل تيار كهربائي أو حركة إلكترون حول النواة.

تجربة استهلالية

استقصاء تأثير المجال المغناطيسي في شحنة كهربائية متحركة فيه.



المواد والأدوات: أنبوب أشعة المهبطية، مصدر طاقة عالي الجهد (DC)، أسلاك توصيل، مغناطيس قوي، قاعدة عازلة.

إرشادات السلامة: الحذر عند التعامل مع مصدر الطاقة عالي الجهد.

التحليل والاستنتاج:

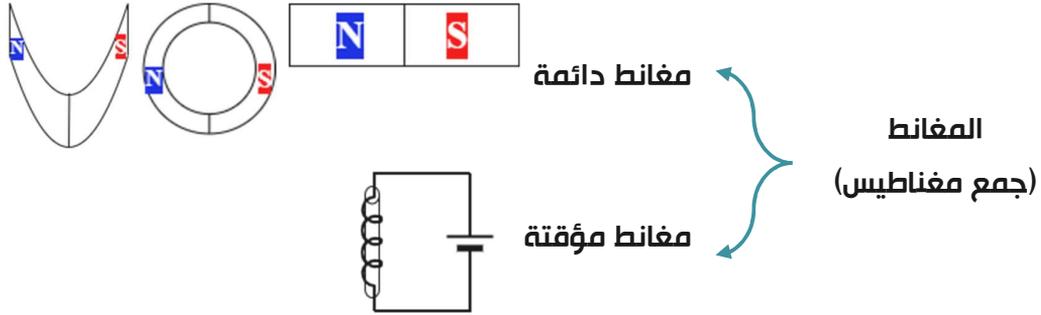
1. أصف مسار الأشعة المهبطية في المرحلة الأولى من التجربة، وأوضح سبب ظهوره.
2. **أفسر** أهمية أن يكون ضغط الهواء منخفضاً داخل أنبوب الأشعة المهبطية.
3. **أحلّل البيانات وأفسرها:** أبين ما حدث لمسار الأشعة المهبطية عند تقريب المغناطيس منها، وأفسر سبب ذلك، ثم أقرن النتيجة بما يحدث عند تغيير قطب المغناطيس.
4. **استنتج:** اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات المتحركة داخل مجال مغناطيسي، واتجاه المجال المغناطيسي، معتمداً على الملاحظات.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. تنتقل الأشعة المهبطية من القطب السالب في الأنبوب إلى القطب الموجب، وهي غير مرئية لكن تصادمها مع ذرات الغاز داخل الأنبوب يهيج الذرات فتصدر عنها أشعة مرئية.
2. عند زيادة ضغط الغاز داخل الأنبوب، يعني زيادة عدد ذرات الغاز مما يزيد من حالات تصادم الأشعة المهبطية مع الذرات وفقدانها للطاقة، ولا يمكنها الوصول إلى القطب الموجب، لذلك يجب تخفيض الضغط داخل الأنبوب.
3. عند تقريب مغناطيس من مسار أشعة المهبط تنحرف عن مسارها، لأنها جسيمات مشحونة (إلكترونات) فتتأثر بقوة تتعامد مع اتجاه حركتها ومع اتجاه المجال المغناطيسي، وعند تغيير القطب الآخر، تنعكس خطوط المجال، فينعكس اتجاه القوة المغناطيسية، ويتحول انحراف الأشعة نحو الجهة الأخرى.
4. أحدد اتجاه المجال المغناطيسي معتمداً على نوع القطب المغناطيسي الذي جرى تقريبه من الأنبوب، واتجاه الأشعة المهبطية يكون من القطب السالب (المهبط) إلى القطب الموجب (المصدر). واستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية.

الدرس الأول: القوة المغناطيسية Magnetic Force

تعرف الإنسان المغناطيسية في الطبيعة، فمعدن المغنيتات مادة ممغنطة طبيعية، لديها القدرة على جذب قطع من مواد قابلة للتمغنط مثل الحديد. بالإضافة إلى جذب الحديد، فإن المغناطيس يجذب كذلك النيكل والكوبالت والنيوديميوم، وتسمى المواد المغناطيسية، وهي مواد قابلة للتمغنط وتصنع منها المغناطيس الدائمة بأشكال مختلفة.



لكل مغناطيس قطبان قطب شمالي (N) وقطب جنوبي (S)، وتوجد أقطاب المغناطيس دائما على هيئة أزواج شمالي وجنوبي، ولا يوجد قطب مغناطيسي مفرد، على خلاف الشحنات الكهربائية، حيث يمكن أن توجد شحنة مفردة موجبة أو سالبة.

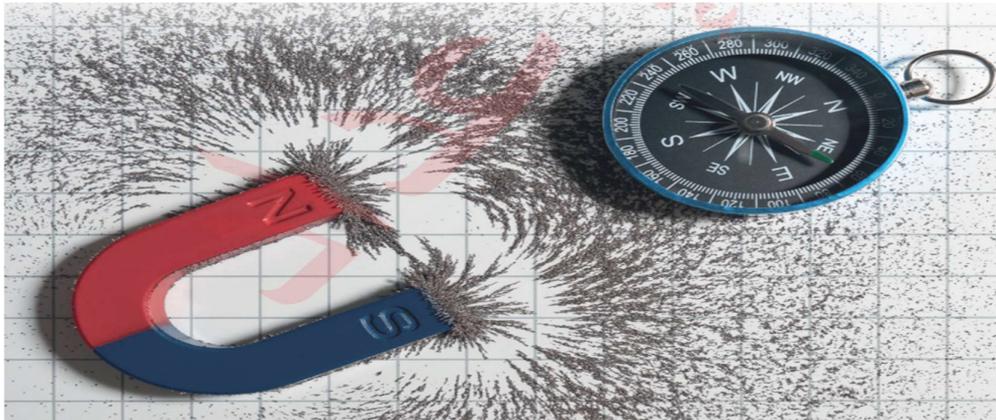
هل يمكن الحصول على قطب مغناطيسي مفرد اذا كسرنا المغناطيس؟

ج

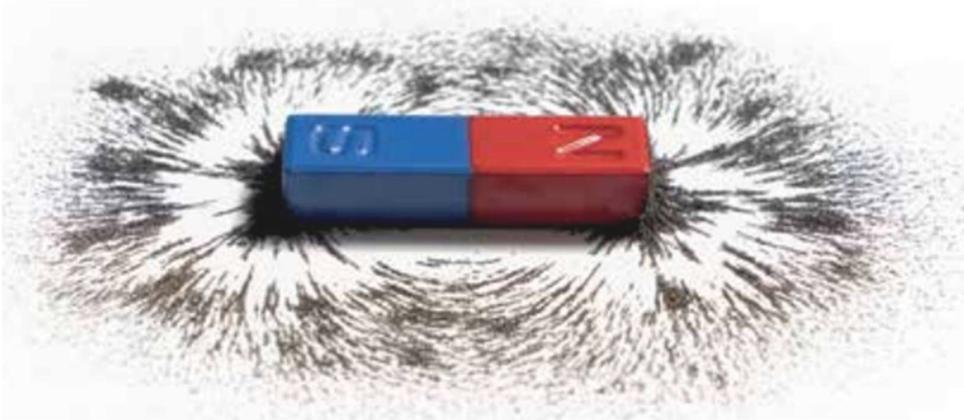
كل مغناطيس يولد حوله مجال مغناطيسي في الحيز المحيط به، ويظهر أثره على شكل قوة مغناطيسية، ويمثل المجال المغناطيسي بخطوط وهمية تعبر عن مقداره واتجاهه كما سبق تمثيل المجال الكهربائي.

تستخدم برادة الحديد في رسم خطوط المجال المغناطيسي كما يبين الشكل.

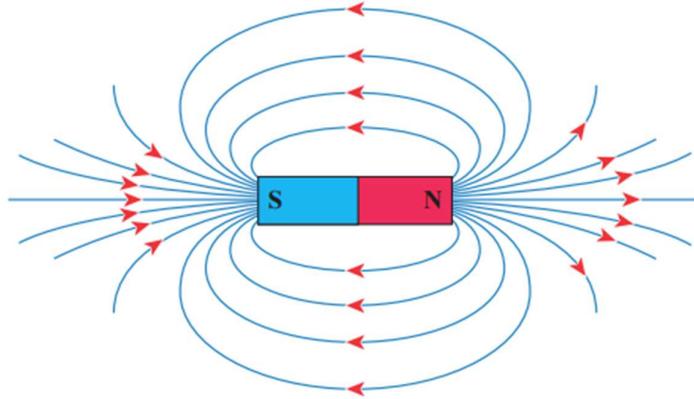
تستخدم بوصلة صغيرة (ابرة مغناطيسية) في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي



يمكن ترسيم خطوط المجال المغناطيسي باستخدام برادة حديد ❁

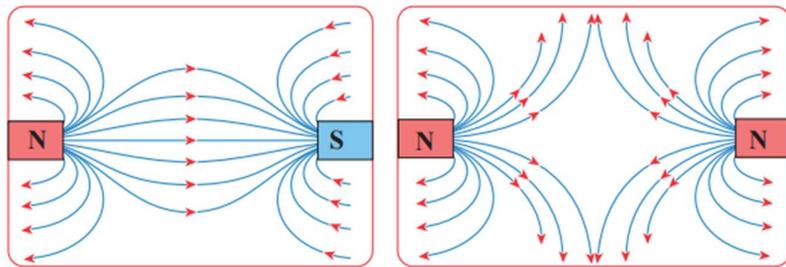


يمثل الشكل المجاور خطوط المجال المغناطيسي حول مغناطيس مستقيم: ❁



يمثل الشكل التالي خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيسين مستقيمين متجاورين،
إحدهما عند تقابل القطب الشمالي مع الشمالي، والآخر عند تقابل القطب الشمالي مع
الجنوبي: ❁

الشكل (3): خطوط المجال المغناطيسي
لقطبين مغناطيسيين متجاورين.
(أ): متشابهين.
(ب): مختلفين.



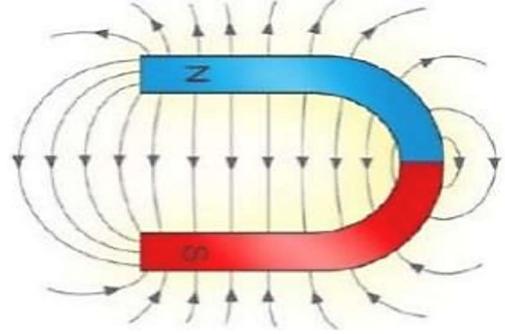
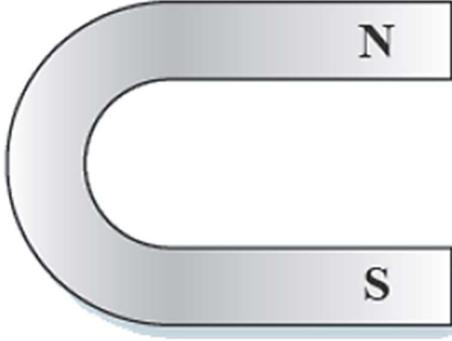
(ب)

(أ)

الأقطاب المتشابهة للمغناطيس تتنافر، بينما تتجاذب الأقطاب المختلفة مع بعضها البعض. ❁
تمثل كل نقطة حول المغناطيسين، محصلة المجال المغناطيسي الناتجة عن كل منهما. ❁

تمرين

أرسم خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس على شكل حرف (U)، المبين بالرسم.



هل القوة المغناطيسية قوة تلامس ام قوة تأثير من بعد؟ برر أجابتي.

ج

المجال المغناطيسي

رمزه (B)

يقاس بوحدة تسلا (T)

كمية متجهة

هي خصيصة للحيز المحيط بالمغناطيس ويظهر أثره على شكل قوة مغناطيسية

القوة المغناطيسية

رمزها (F_B)

تقاس بوحدة (N)

كمية متجهة

هي القوة التي تؤثر في المغناط او المواد القابلة للتمغنط او الجسيمات المشحونة او

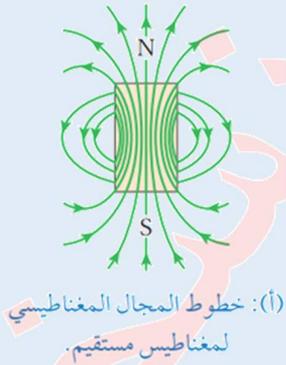
الموصلات التي تحوي على تيار داخل المجال المغناطيسي

يمكن ان تكون قوة تجاذب أو قوة تنافر

المجال المغناطيسي

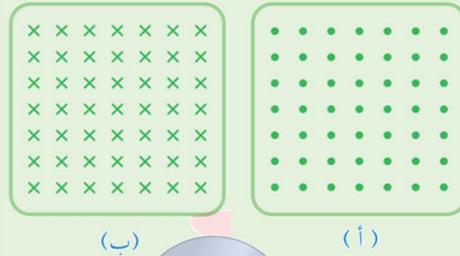
المجال المغناطيس غير المنتظم

هو المجال المغناطيسي غير ثابت (متغير) المقدار و الاتجاه عند جميع نقاطه تكون خطوط المجال منحنية والمسافات بينها غير متساوية



المجال المغناطيس المنتظم

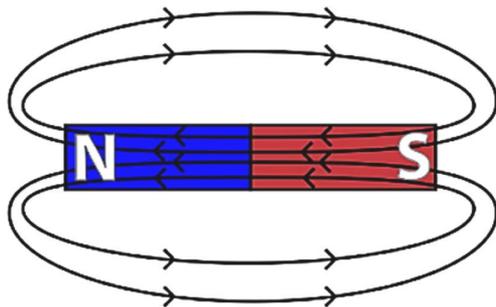
هو المجال المغناطيسي ثابت المقدار والاتجاه عند جميع نقاطه تكون خطوط المجال مستقيمة و متوازية والمسافات بينها متساوية



(ب): خطوط المجال بين قطبي مغناطيس على شكل حرف (C).

تمتاز خطوط المجال المغناطيسي بالخصائص التالية:

أتحقق: أذكرُ خصائص خطوط المجال المغناطيسي.



✓ وهمية.

✓ مقفلة تخرج من القطب الشمالي إلى

القطب الجنوبي خارج المغناطيس، وتكمل

مسارها داخل المغناطيس من القطب

الجنوبي إلى الشمالي.

✓ لا تتقاطع؛ لأن للمجال المغناطيسي اتجاه

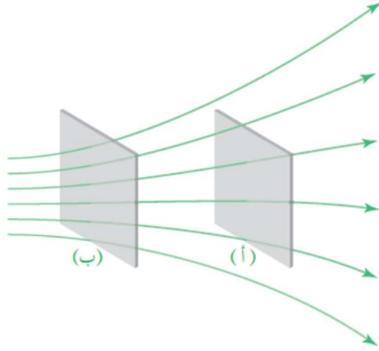
واحد عند كل نقطة، والتقاطع يعني أكثر

من اتجاه عند نفس النقطة.

✓ اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس

لخط المجال عند تلك النقطة

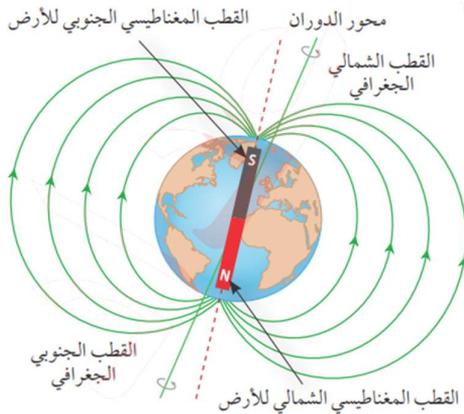
✓ يعبر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها، فكلما زاد عدد خطوط المجال عند نقطة، كان مقدار المجال المغناطيسي عندها كبيراً، كما يظهر من الشكل التالي:



سـ في الشكل المجاور، إذا علمت أن السطحين (أ) و (ب) لهما نفس المساحة، فأَيُّ منهما يكون مقدار المجال المغناطيسي عنده أكبر؟ وضح إجابتك.
جـ عند السطح (ب) لأن عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تعبر وحدة المساحة عند (ب) أكبر من عددها عند السطح (أ).

✓ **أتحقق:** أحدد أوجه التشابه والاختلاف بين خطوط المجال الكهربائي وخطوط المجال المغناطيسي.

خطوط المجال الكهربائي	خطوط المجال المغناطيسي	أوجه المقارنة
وهمية لا تتقاطع تدل الكثافة على مقدار المجال يدل اتجاه المماس عند نقطة على اتجاه المجال	وهمية لا تتقاطع تدل الكثافة على مقدار المجال يدل اتجاه المماس عند نقطة على اتجاه المجال	التشابه
غير مغلقة	مغلقة	الاختلاف



الربط بعلوم الأرض

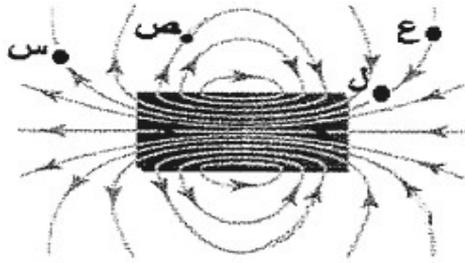
عند تعليق مغناطيس مستقيم من منتصفه، فإنه يدور بحيث يشير قطبه الشمالي إلى القطب الشمالي الجغرافي للأرض، ويشير قطبه الجنوبي نحو الجنوب الجغرافي؛ وذلك بسبب تأثيره بالمجال المغناطيسي للأرض، حيث يتموضع القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض بالقرب من قطبها الشمالي الجغرافي، ويتموضع القطب المغناطيسي الشمالي للأرض بالقرب من قطبها الجنوبي الجغرافي.

الأسئلة:

1. عند تمثيل المجال المغناطيسي المنتظم بخطوط مجال؛ فإنها تتصفُ بواحدة مما يأتي:

- أ- خطوط متوازية والمسافات بينها متساوية
- ب- خطوط متوازية والمسافات بينها غير متساوية
- ج- خطوط منحنية تشكّل حلقاتٍ مَقْفَلَة
- د- خطوط منحنية تشكّل حلقاتٍ غير مقفلة

ب



2. يمثل الشكل المجاور خطوط المجال المغناطيسي

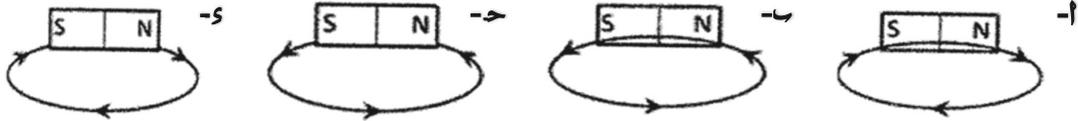
لمغناطيس مستقيم، والنقاط (س، ص، ع، ل) تقع ضمن المجال المغناطيسي له النقطة التي يكون مقدار المجال المغناطيسي عندها الأكبر هي:

- أ- س
- ب- ص
- ج- ل
- د- ع

ج

3. أحد الأشكال الآتية يمثل بشكل صحيح أحد خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن

مغناطيس مستقيم:



ب

4. الكمية الفيزيائية التي يمكن أن نستنتجها من رسم المماس لخط المجال المغناطيسي عند

نقطة ما هي:

- أ- مقدار المجال المغناطيسي عند تلك النقطة
- ب- اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة
- ج- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة عند تلك النقطة
- د- اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عند تلك النقطة

ب

5. الطريقة الصحيحة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة داخله تتم بوضع أحد الآتية

عند تلك النقطة:

ب- قطب جنوبي مفرد حر الحركة

ا- قطب شمالي مفرد حر الحركة

د- شحنة موجبة

ح- إبرة مغناطيسية

ح

1. القوة المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي

✿ إذا تحرك جسيم مشحون (q_0) داخل مجال مغناطيسي منتظم (\vec{B}) بسرعة ثابتة (\vec{v})، فإن

المجال المغناطيسي سيؤثر بقوة مغناطيسية (\vec{F}_B) على هذه الشحنة.

✿ تحسب القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) المؤثرة على **جسيم مشحون متحرك** في مجال

مغناطيسي عند نقطة ما بشكل عام من العلاقة المتجهة التالية:

$$\vec{F}_B = q_0 \vec{v} \times \vec{B}$$

✿ وبالتعامل مع المقادير فقط، يحسب مقدار القوة المغناطيسية من العلاقة:

$$F_B = q_0 v B \sin \theta_{vB}$$

حيث (θ_{vB}): الزاوية المحصورة بين اتجاه كل من (\vec{v}) و (\vec{B}).

✿ اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على شحنة متحركة بداخل المجال المغناطيسي.

ج شحنة الجسيم المشحون (q_0) طردياً.

ج سرعة الجسيم المشحون (v) طردياً.

ج مقدار المجال المغناطيسي المؤثر (B) طردياً.

ج ($\sin \theta$) بين اتجاه (v) واتجاه (B) طردياً.

خصائص
القوة
المغناطيسية

✿ يتناسب **مقدار** القوة المغناطيسية طردياً مع كل من؛ **شحنة** الجسيم (q_0) و**مقدار** سرعته

(v) و**مقدار** المجال المغناطيسي (B).

✿ يعتمد **اتجاه** القوة المغناطيسية على **اتجاه** سرعة الجسيم و**اتجاه** المجال المغناطيسي،

وعلى **نوع** شحنة الجسيم.

✿ يكون اتجاه القوة المغناطيسية دائماً عمودياً على كل من المتجهين (\vec{v}) و (\vec{B}) مهما

كانت الزاوية بينهما.

✿ من خلال قانون القوة المغناطيسية: ($F_B = q_0 v B \sin \theta_{vB}$) يمكن استنتاج ما يلي:

✓ تكون القوة المغناطيسية (F_B) أكبر ما يمكن (عظمى) عندما تكون ($\theta = 90^\circ$) أي

عندما تكون السرعة (الحركة) عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي (B).

✓ تنعدم القوة المغناطيسية ($F_B = 0$) في الحالات الآتية:

① الجسيم المتحرك غير مشحون ($q_0 = 0$). مثل النيوترون

② الجسيم ساكن ($v = 0$).

③ اتجاه سرعة الجسيم (v) موازية أو معاكسة لاتجاه المجال المغناطيسي (B)؛

($\theta = 0^\circ, \theta = 180^\circ$)

سـ فسر ما يلي: عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي، فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية.
 جـ النيوترون جسيم غير مشحون لذلك لن يتأثر بقوة مغناطيسية عندما يكون في المجال المغناطيسي، فالمجال المغناطيسي لا يؤثر بقوة مغناطيسية إلا على الشحنات المتحركة.

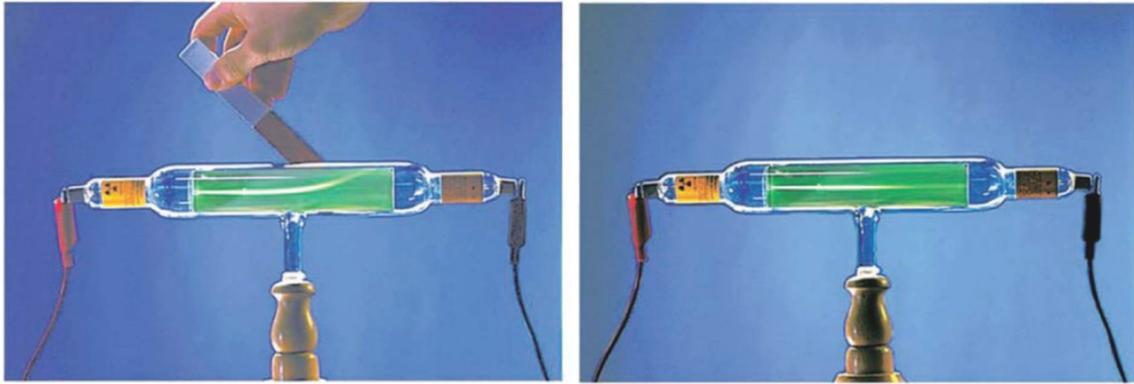
سـ كيف يمكن لشحنة أن تتحرك في مجال مغناطيسي ولا تتأثر بقوة مغناطيسية؟
 جـ إذا كانت الشحنة الكهربائية تتحرك واتجاه سرعتها موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي: $(\theta = 0^\circ, 180^\circ)$

سـ لا يمكن للمجال المغناطيسي أن يحرك جسماً مشحوناً ساكناً.
 جـ لأنه لا يؤثر عليه بأي قوة مغناطيسية، حيث لا يؤثر المجال المغناطيسي إلا على الشحنات المتحركة فقط.

✓ **أتحقق:** جسيم مشحون يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم (B) باتجاه يوازي خطوط المجال. هل يتأثر الجسيم بقوة مغناطيسية؟

جـ تعطى القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم بالعلاقة: $F_B = qvB \sin \theta$ ، وحيث أن $(\sin 0 = 0)$ ، فإن القوة تساوي صفراً، لا يتأثر الجسيم بقوة لأن الزاوية بين اتجاه المجال واتجاه الحركة تساوي صفراً.

ملاحظة: يكون تأثير القوة المغناطيسية على الجسم بأن تجعله ينحرف عن مساره باتجاه القوة، ولهذا يكون دائماً: اتجاه انحراف الجسم هو نفسه اتجاه القوة المغناطيسية.



انحراف حزمة متحركة من الإلكترونات نتيجة تعرضها لقوة مغناطيسية من المجال المغناطيسي للمغناطيس.

✿ درسنا في الوحدة الثالثة، أن المجال الكهربائي (\vec{E}) يؤثر بقوة كهربائية على الشحنات المتأثرة الموجودة بداخله، ويشبه تأثير المجال الكهربائي على الشحنات بقوة كهربائية؛ تأثير المجال المغناطيسي على الشحنات بقوة مغناطيسية مع بعض الفروقات بينهما.

سـ قارن بين القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية؟

ج يمثل الجدول التالي مقارنة بين القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية:

وجه المقارنة	القوة الكهربائية (\vec{F}_E) من المجال الكهربائي (\vec{E})	القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) من المجال المغناطيسي (\vec{B})
القانون	$F_E = q_0 E$	$F_B = q_0 v B \sin \theta_{vB}$
العوامل	q_0, E	$q_0, v, B, \sin \theta$
الاتجاه	مواز دائما لاتجاه المجال (\vec{E}) مع اتجاه \vec{E} ($q_0 = +$) عكس اتجاه \vec{E} ($q_0 = -$)	عمودية دائما على مستوى \vec{v} و \vec{B}
تأثير السرعة	تؤثر على الشحنات الساكنة والمتحركة	تؤثر على الشحنات المتحركة فقط.
تأثير الاتجاه	تؤثر على الشحنات مهما كان اتجاه سرعتها	لا تؤثر على الشحنات الموازية لاتجاه المجال المغناطيسي. (يجب أن تقطع الشحنات أثناء حركتها خطوط المجال المغناطيسي)
الشغل المبذول	تبذل شغل على الشحنات المتحركة.	لا تبذل شغل على الشحنات المتحركة فيه.
الطاقة الحركية ومقدار السرعة	تغير مقدار سرعته وتكسبه طاقة حركية	لا تغير مقدار سرعته ولا تكسبه طاقة حركية
التسارع المركزي	لا تكسبه تسارع مركزي	تكسبه تسارع مركزي

يعرف **المجال المغناطيسي عند نقطة** بأنه: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة عندما تتحرك الشحنة بسرعة 1 m/s باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي لحظة مرورها في تلك النقطة.

$$[B] = \frac{[F_B]}{[q_0][v]} = \frac{N \cdot s}{C \cdot m} = T$$

✿ يقاس المجال المغناطيسي بوحدة $(N \cdot s / C \cdot m)$ والتي تسمى اختصاراً تسلا (*Tesla*) ويرمز لها بالرمز (T) وفق النظام العالمي للوحدات.

✿ **التسلا** هي: المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة (1 N) في شحنة مقدارها (1 C) تتحرك بسرعة (1 m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي.

س ماذا نعني بقولنا إن المجال المغناطيسي لمغناطيس يساوي (5 × 10⁻³ T)؟

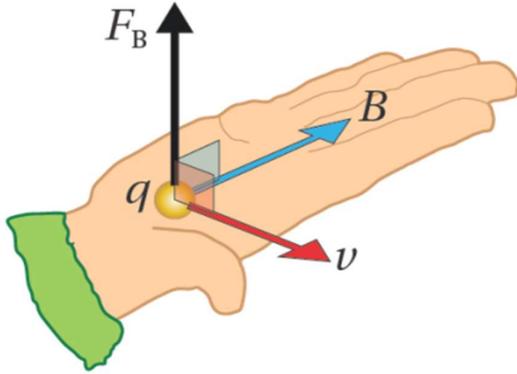
ج أي أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة مغناطيسية مقدارها (5 × 10⁻³ N) في شحنة مقدارها (1 C) تتحرك بسرعة (1 m/s) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي.

قاعدة اليد اليمنى

✿ يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية

باستخدام قاعدة اليد اليمنى، حيث:

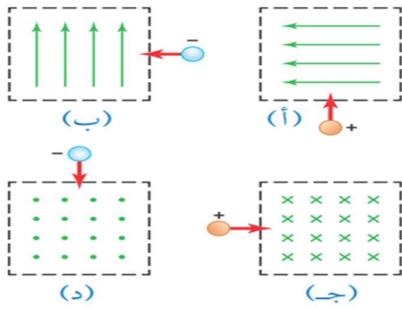
- ✓ يوضع الإبهام باتجاه السرعة (\vec{v}).
- ✓ توضع الأصابع الأربعة باتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B}).
- ✓ تشير راحة اليد (باطن الكف) إلى اتجاه القوة المغناطيسية.



✿ إذا كانت الشحنة سالبة، نطبق قاعدة اليد اليمنى ثم **نعكس** الاتجاه الناتج.

الأسئلة:

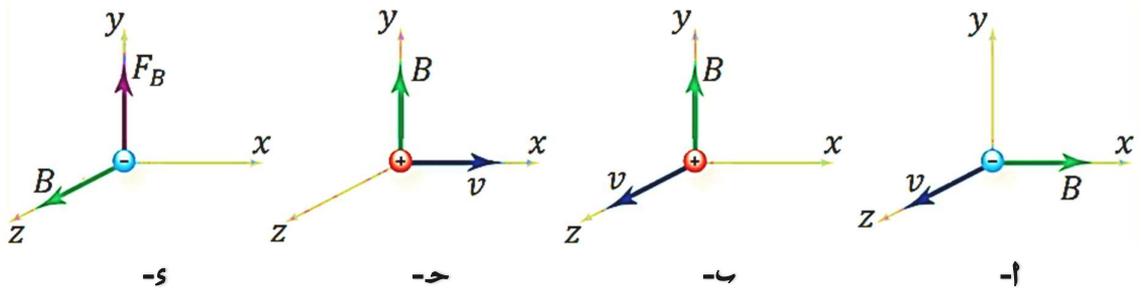
المثال 1



أدخلت أربع شحنات إلى مجالات مغناطيسية منتظمة كما يبين الشكل (5). أحدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في كل شحنة لحظة دخول كل منها منطقة المجال المغناطيسي.

الشكل (5): أربع شحنات لحظة دخولها إلى مجالات مغناطيسية منتظمة.

1. باستخدام قاعدة اليد اليمنى حدد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة في الشكل

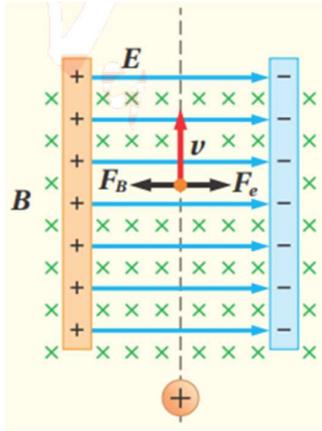


- y
- x
- +z
- +x

تمرين

أستنتج: يبين الجدول الآتي معطيات عن شحنات كهربائية تأثرت بقوى مغناطيسية لحظة دخولها مجالات مغناطيسية منتظمة. باستخدام قاعدة اليد اليمنى، أكمل الفراغات في الجدول بما هو مناسب.

نوع الشحنة	اتجاه سرعة الشحنة	اتجاه المجال المغناطيسي	اتجاه القوة المغناطيسية
موجبة	+z	-y
موجبة	-z	-x
سالبة	-x	+y
.....	-y	+z	+x



أفكر

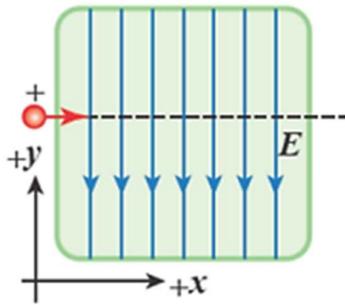
أدخل جسيم شحنته $(+q)$ وسرعته (v) إلى منطقة مجالين متعامدين: مجال كهربائي (E) باتجاه $(+x)$ ، ومجال مغناطيسي (B) باتجاه $(-z)$. الجسيم أكمل حركته بالسرعة نفسها كما هو مبين في الشكل.

١- يبين الشكل اتجاه كل من القوتين الكهربائية والمغناطيسية

المؤثرة في الجسيم. فكيف حدد اتجاه كل قوة؟

٢- ماذا أستنتج عن العلاقة بين مقادير القوتين؟ أبرر إجابتي.

٣- لو أدخل جسيم شحنته $(-q)$ وسرعته (v) إلى منطقة المجالين، فهل سيكمل حركته بالاتجاه نفسه؟ أبرر إجابتي.



2. يتحرك أيون موجب باتجاه محور $(+x)$ ، داخل غرفة مفرغة

فيها مجال كهربائي باتجاه $(-y)$ ، كما في الشكل. في أي

اتجاه يجب توليد مجال مغناطيسي بحيث يمكن أن يؤثر في

الجسيم بقوة تجعله لا ينحرف عن مساره؟

١- باتجاه محور $(+y)$ ، للأعلى

٢- باتجاه محور $(-y)$ ، للأسفل

٣- باتجاه محور $(+z)$ ، نحو الناظر

٤- باتجاه محور $(-z)$ ، بعيداً عن الناظر

٤

افكر

جسيم مشحون بشحنة موجبة، يتحرك في مستوى أفقي باتجاه الشرق ($+x$)، داخل المجال المغناطيسي الأرضي الذي يتجه من الجنوب إلى الشمال ($+y$). أستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في الجسيم، باتجاه ($+z$)، أم باتجاه ($-z$)؟

ج بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الجسيم، بوضع الإبهام باتجاه الحركة نحو الشرق، والأصابع الأخرى باتجاه المجال المغناطيسي نحو الشمال، فإن ذلك يتطلب وضع باطن الكف نحو الأعلى، وتكون القوة خارجة من باطن الكف نحو الأعلى ($+z$)

3. الفكرة الرئيسية: أعرفُ المجال المغناطيسي عند نقطة، وأذكر وحدة قياسه في النظام الدولي للوحدات. ثم أعدّد خصائص خطوط المجال المغناطيسي.

ج المجال المغناطيسي: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة عندما تتحرك بسرعة ($1 m/s$) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، لحظة مرورها في تلك النقطة. ويقاس بوحدة تسلا (T)، وفق النظام الدولي للوحدات.

ج خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

- خطوط وهمية مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل القطب الجنوبي، تكمل مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشمالي.
- اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال يكون على امتداد المماس للخط عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأن للمجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة، يُحدّد باتجاه المماس لخط المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسي بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها.

4. أحلّ: معتمداً على العلاقة الرياضية التي أستخدمها في حساب مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر بها مجال مغناطيسي في شحنة متحركة فيه؛ أستنتج العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة وأبين نوع العلاقة.

ج معتمداً على العلاقة: $F_B = qvB \sin \theta$ ، أجد أن القوة المغناطيسية تتناسب طردياً مع مقدار كل من: الشحنة الكهربائية، سرعتها والمجال المغناطيسي وجيب الزاوية بين اتجاهي السرعة والمجال.

5. أجب عن السؤالين الآتيين، وأفسر إجابتني:

- أ- هل يمكن لمجال مغناطيسي أن يجعل إلكترونات يبدأ حركته من السكون؟
 ج لا يمكن للإلكترون أو أي جسيم مشحون آخر أن يبدأ حركته من السكون بتأثير مجال مغناطيسي، لأن المجال لا يؤثر بقوة في الشحنات الساكنة.
- ب- هل ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عمودي عليه؟
 ج لا ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عمودي عليه، لأنه غير مشحون، والقوة المغناطيسية تؤثر في الأجسام المشحونة.

6. من العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر في جسيم مشحون متحرك؛ مقدار الشحنة وسرعة الجسيم، حيث تزداد القوة:

- أ- بزيادة السرعة ونقص الشحنة
 ب- بزيادة السرعة وزيادة الشحنة
 ج- بنقص السرعة وزيادة الشحنة
 د- بنقص السرعة ونقص الشحنة

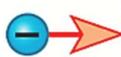
ب

7. أفسر: مجال مغناطيسي منتظم باتجاه $(+x)$ ، دخل جسيमान مشحونان منطقة المجال

بسرعة (v) باتجاه داخل الصفحة $(-z)$ ؛ فانحرف أحدهما باتجاه محور $(+y)$ ، والثاني باتجاه محور $(-y)$. أفسر انحرافهما.

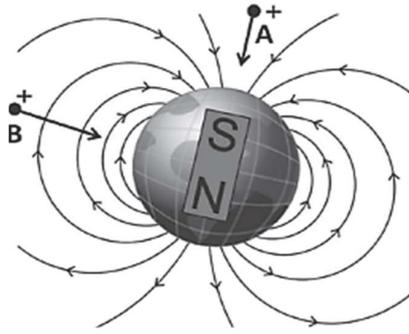
ج عندما يدخل الجسيم المشحون مجالاً مغناطيسياً بسرعة لا ينطبق اتجاهها على اتجاه المجال، فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية فينحرف مساره، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن الجسيم الذي انحرف باتجاه $(-y)$ كانت شحنته موجبة، أما الذي انحرف باتجاه $(+y)$ فإن شحنته سالبة.

8. أستنتج وأفسر: يتحرك إلكترون باتجاه محور $(+x)$ ، فيدخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً اتجاهه مع محور $(-z)$ ؛ كما في الشكل. أستنتج اتجاه القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال في الإلكترون لحظة دخوله منطقة المجال، ثم أبين إن كانت هذه القوة ستحافظ على اتجاهها بعد أن يُغيّر الإلكترون موقعه، أم لا، وأفسر إجابتني.



× × × × ×
 × × × × ×
 × × × × ×
 × × × × ×

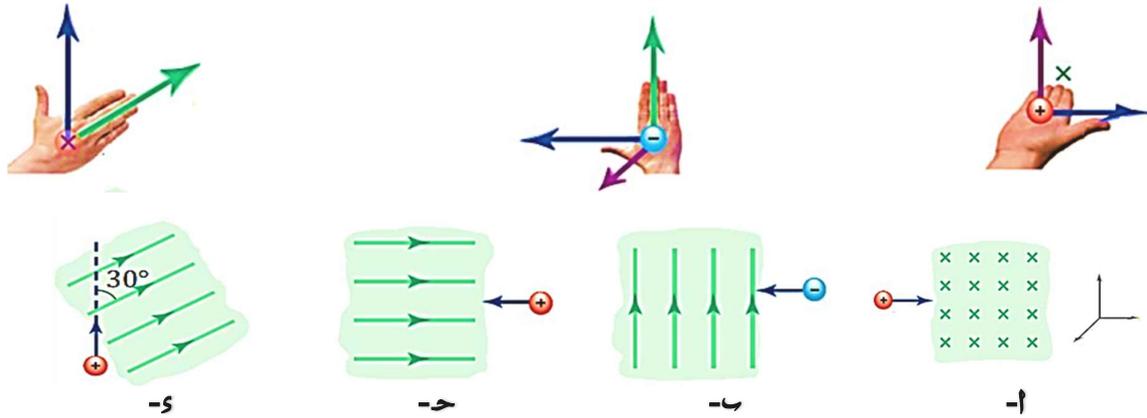
ج بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لمعرفة اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الإلكترون، مع مراعاة أن شحنته سالبة، يكون اتجاه القوة نحو الأسفل، باتجاه محور $(-y)$. وكلما تغير اتجاه سرعة الإلكترون يتغير اتجاه القوة المغناطيسية، لأنها تؤثر باستمرار باتجاه يتعامد مع اتجاهي السرعة والمجال.



9. لوحظ أن الجسيمات المشحونة القادمة من الفضاء الخارجي والتي تُعرف بالأشعة الكونية تضرب الأرض من جهتي القطبين، كالجسيم (A) في الشكل، بينما الجسيمات القادمة من محيط خط الاستواء، مثل الجسيم (B) لا تصل إلى الأرض. كيف أفسّر ذلك اعتمادًا على معرفتي بخصائص المجال المغناطيسي للأرض.

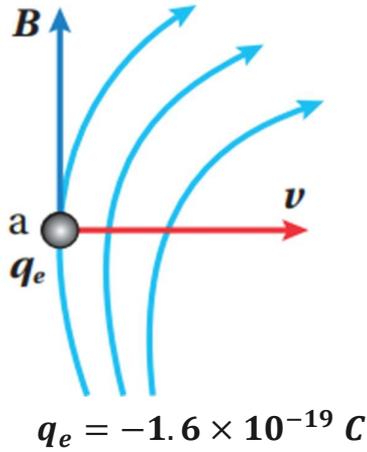
ج **الأشعة الكونية:** إن الجسيمات (A) التي تتجه نحو الأرض من منطقة القطب يكون اتجاهها موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي للأرض فلا يؤثر فيها بقوة مغناطيسية ولا تنحرف فتصل إلى الأرض. أما الجسيمات (B) القادمة نحو الأرض باتجاه عمودي على خط الاستواء تكون عمودية على خط المجال المغناطيسي فتتحرف أفقيًا بشكل موازي لسطح الأرض ولا تصل إليها.

10. قذف جسيم شحنته $4 \mu C$ إلى داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره $0.2 T$ وبسرعة مقدارها جسيم $10^3 m/s$ ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيم مقدارًا واتجاهًا في الحالات التالية:



- $8 \times 10^{-4} N, +y$
- $8 \times 10^{-4} N, +z$
- $0 N$
- $4 \times 10^{-4} N, -z$

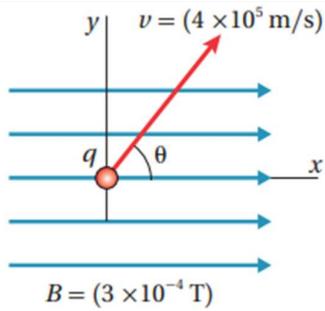
المثال 2



يتحرك إلكترون بسرعة $(5 \times 10^6 \text{ m/s})$ باتجاه محور $(+x)$ ؛
أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر فيه لحظة مروره
بالنقطة (a) وأحدّد اتجاهها، علماً أن المجال المغناطيسي عندها
 $(2 \times 10^{-4} \text{ T})$ باتجاه محور $(+y)$. كما في الشكل .

$1.6 \times 10^{-16} \text{ N}, -z$

المثال 3



يتحرك جسيم شحنته $(5 \times 10^{-6} \text{ C})$ في المستوى (x, y)
داخل مجال مغناطيسي منتظم، بسرعة (v) باتجاه يصنع زاوية
 $(\theta = 53^\circ)$ مع محور $(+x)$ ، كما في الشكل (7). معتمداً
على بيانات الشكل؛ أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر
في الجسيم، وأحدّد اتجاهها.

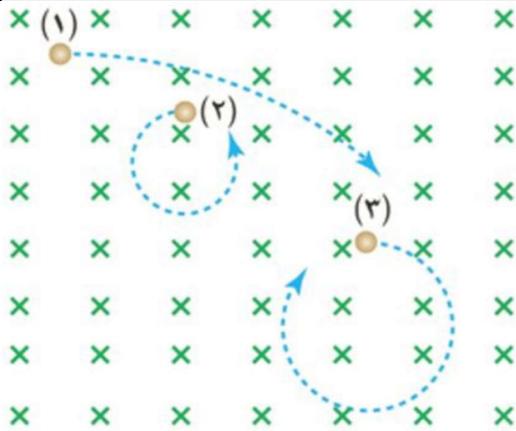
$4.8 \times 10^{-4} \text{ N}, -z$

11. أحسب: يتحرك بروتون بسرعة ($4 \times 10^6 \text{ m/s}$) في مجال مغناطيسي مُنتظم مقداره (1.7 T)؛ فيتأثر بقوة مغناطيسية ($8.2 \times 10^{-13} \text{ N}$). أجد قياس الزاوية بين متجهي سرعة البروتون وخطوط المجال المغناطيسي.

$$\sin \theta = 0.75$$

12. حدد الزاوية التي تكون عندها القوة المغناطيسية نصف قيمتها العظمى.

$$30^\circ$$



13. اعتماداً على الشكل المجاور، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى، حدد إشارة كل من الشحنات التالية:

$$(-), (+), (-)$$

14. تتحرك شحنة مقدارها $4 \mu C$ نحو الشرق بسرعة $6 m/s$ ، فأثر عليها مجال مغناطيسي شدته $6 T$ باتجاه 30° جنوب الشرق، حدد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عليه.

$$72 \times 10^{-6} N, -z$$

15. شحنة كهربائية مقدارها $2 \mu C$ تتحرك بسرعة $400 m/s$ نحو اليمين داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره $0.01 T$ مبتعدا عن الناظر، حدد مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنة.

$$8 \times 10^{-6} N, +y$$

16. عندما تحركت شحنة سالبة مقدارها $2.4 nC$ بسرعة مقدارها $5 \times 10^6 m/s$ نحو الشمال داخل مجال مغناطيسي وعمودية عليه، كانت القوة المغناطيسية عليها تساوي $120 \times 10^{-7} N$ نحو الشرق، جد مقدار وحدد اتجاه المجال المغناطيسي \vec{B} .

$$1 \times 10^{-3} T, -z$$

17. حدد مقدار واتجاه سرعة جسيم مشحون شحنته $-0.03 mC$ يتحرك داخل مجال مغناطيسي شدته $(0.5 T, -x)$ بحيث كانت السرعة عمودية على خطوط المجال، إذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة عليه تساوي $45 \times 10^{-3} N$ نحو خارج الصفحة.

$$3 \times 10^3 m/s, -y$$

18. إذا وضعت شحنة نقطية في مجال مغناطيسي منتظم، فإنها تتأثر بقوة من قبل المجال عندما تكون:

ا- ساكنة

ب- متحركة باتجاه يوازي خطوط المجال

ج- متحركة باتجاه لا يوازي خطوط المجال

د- متحركة باتجاه عمودي فقط على خطوط المجال

ج

19. جسيم مشحون بشحنة سالبة، يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم باتجاه يوازي اتجاه المجال، فإذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه، فإن مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في هذا الجسيم:

ا- يقل إلى النصف ب- يتضاعف أربع مرات ج- يتضاعف مرتين د- صفرا

د

20. جسيم مشحون بشحنة سالبة يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم باتجاه عمودي على المجال، فإذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه، فإن القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم تصبح:

ا- مثلي ما كانت عليه ب- نصف ما كانت عليه

ج- أربعة أمثال ما كانت عليه د- صفرا

ب

21. إذا غمر جسيم مشحون في مجال مغناطيسي، فإن الحالة التي يتأثر فيها الجسيم بقوة مغناطيسية هي عندما يكون:

ا- متحركا باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي

ب- متحركا باتجاه المجال المغناطيسي

ج- متحركا باتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي

د- ساكنا

ب

22. يتحرك بروتون بسرعة ثابتة باتجاه السينات الموجب، فدخل منطقة مجال مغناطيسي منتظم فتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه الصادات السالب. بناء على ذلك يكون اتجاه المجال المغناطيسي باتجاه:

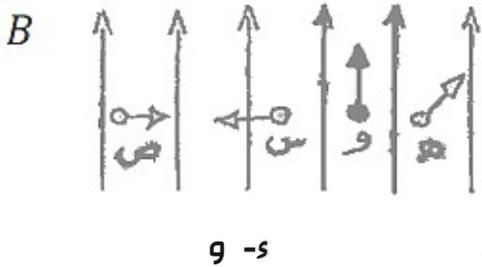
ا- $+z$ ب- $-z$ ج- $+y$ د- $-y$

ب

23. تحرك إلكترون نحو محور $(+x)$ فدخل بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم، إذا علمت أنه تأثر لحظة دخوله بقوة مغناطيسية نحو محور $(-z)$ نستنتج أن اتجاه المجال المغناطيسي نحو محور:

أ- $(+y)$ ب- $(-y)$ ج- $(+z)$ د- $(-x)$

٢



24. أربع جسيمات مشحونة تتحرك في مجال

مغناطيسي منتظم كما في الشكل. الجسيم الذي تكون القوة المغناطيسية المؤثرة فيه تساوي صفر هو:

أ- س ب- ص ج- هـ د- و

٤

أسئلة سنوات سابقة:

1. جسيم شحنته $(2 \times 10^{-5} C)$ دخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً $(B = 3 \times 10^{-3} T)$ بسرعة $(v = 5 \times 10^4 m/s)$ واتجاهها يصنع زاوية (37°) مع اتجاه المجال. فإن مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم بوحدة نيوتن (N) :

- أ- (1.8×10^{-3}) ، باتجاه (v)
 ب- (2.4×10^{-3}) ، باتجاه (B)
 ج- (1.8×10^{-3}) عمودية على كل من (v) و (B)
 د- (2.4×10^{-3}) ، عمودية على كل من (v) و (B)



2. يُستخدم أنبوب الأشعة المهبطية لاستقصاء تأثير المجال المغناطيسي في الشحنات

الكهربائية المتحركة فيه، وهذه الشحنات، هي:

- أ- إلكترونات تتحرك تحت ضغط هواء منخفض حتى لا تفقد طاقتها الحركية
 ب- إلكترونات تتحرك تحت ضغط هواء مرتفع حتى تفقد طاقتها الحركية
 ج- أيونات موجبة تنطلق من المهبط نحو المصعد بسرعة منخفضة
 د- أيونات موجبة تنطلق من المهبط نحو المصعد بسرعة عالية



3. دخل بروتون عمودياً منطقة مجال مغناطيسي مُنتظم مقداره $(2 T)$ واتجاهه باتجاه محور $(+x)$ ؛ فتأثر بقوة مغناطيسية $(6.4 \times 10^{-13} N)$ باتجاه $(+y)$ مقدار السرعة بوحدة (m/s) التي دخل بها البروتون، واتجاهها:

- أ- (2×10^6) ، باتجاه $(+z)$ ب- (2×10^6) ، باتجاه $(-z)$
 ج- (4×10^6) ، باتجاه $(+z)$ د- (4×10^6) ، باتجاه $(-z)$



2. حركة جسيم مشحون داخل مجال مغناطيسي وتطبيقاته

✿ يحتوي هذا الدرس على 2 محاور:

✓ الحركة الدائرية لجسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم.

✓ تطبيقات تكنولوجية:

✍ مطياف الكتلة (Mass Spectrometer).

✍ مسارع السينكروترون (Synchrotron).

① الحركة الدائرية لجسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم.

✿ كما تعلمنا سابقاً، يكون اتجاه القوة المغناطيسية دائماً عمودياً على اتجاه الحركة (السرعة) وعلى اتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B})، ونتيجة لذلك سينحرف الجسم عن مساره الأصلي بسبب هذه القوة. (سنعامل فقط مع الحالة التي تكون فيها الزاوية بين (\vec{v}) و (\vec{B}) تساوي 90° فقط).

✿ يكون اتجاه انحراف الجسم بنفس اتجاه القوة المغناطيسية (\vec{F}_B)، وبالتالي يتغير اتجاه سرعة الجسيم (\vec{v}).

✿ بسبب تغير اتجاه السرعة، يتغير أيضاً اتجاه القوة المغناطيسية لأنها عمودية على اتجاه سرعة الجسيم باستمرار، أي أنه مهما تغير اتجاه السرعة، فستبقى القوة المغناطيسية دائماً عمودية على (\vec{v}) و (\vec{B}).

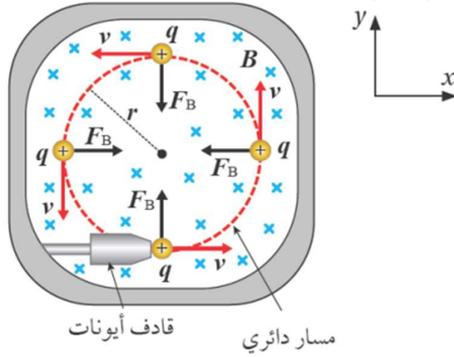
✿ يظهر الشكل التالي حزمة جسيمات موجبة الشحنة تدخل من قاذف الأيونات بسرعة ابتدائية (\vec{v}) باتجاه ($+x$) إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم (\vec{B}) يتجه نحو داخل الصفحة ($-z$) بشكل عمودي على اتجاه المجال. فيتأثر كل جسيم في هذه الحزمة بقوة مغناطيسية يكون اتجاهها عمودياً على كل من (\vec{v}) و (\vec{B})، وتكون حسب قاعدة اليد اليمنى نحو: ($+y$).

✿ نلاحظ تغير اتجاه السرعة بسبب انحراف الحزمة، فيتغير اتجاه القوة كذلك.



✿ تجبر القوة المغناطيسية الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري (حركة الجسيمات هي حركة دائرية داخل المجال المغناطيسي) بسرعة ثابتة مقداراً على طول مسارها.

✿ يكون مستوى المسار الدائري الذي تسلكه الشحنات عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي.



المجال المغناطيسي المنتظم
يغير من اتجاه السرعة فقط،
أما مقدار السرعة فيبقى
ثابت على الدوام ولا يتغير.

✿ يكون اتجاه القوة المغناطيسية دائماً باتجاه مركز المسار الدائري، ولهذا تعد القوة المغناطيسية: قوة مركزية.

✿ القوة المركزية قوة عمودية على اتجاه الحركة باستمرار وظيبتها هي تغيير اتجاه سرعة الجسيم بدون تغيير مقدار سرعته.

✿ في درسنا، القوة المركزية التي أجبرت الجسم على الدوران هي القوة المغناطيسية:

$$F_B = q \cdot v B \sin \theta_{v,B}$$

✿ مع مراعاة أن $\theta_{v,B}$ ستكون دائماً في هذا الدرس: 90° .

✿ حسب قانون نيوتن الثاني فإن أي قوة تؤثر على الجسيم تسبب له تسارعاً، ولأن القوة المؤثرة مركزية، سيكتسب الجسيم: تسارعاً مركزياً (a_c).

✿ تحسب القوة المركزية بشكل عام من العلاقة:

$$F_{\text{مركزية}} = \frac{mv^2}{r}$$

حيث m : هي كتلة الجسيم، r : هي نصف قطر المسار الدائري.

✿ وبتعويض القوة المركزية بالقوة المغناطيسية ($F_{\text{مركزية}} = F_B$):

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r} \rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{Br} \rightarrow qBr = mv$$

✿ يسمى المقدار: $\left(\frac{q}{m}\right)$: الشحنة النوعية للجسيم؛ وهي ناتج قسمة شحنته على كتلته،

وتقاس بوحدة: (C/kg) ، وهي صفة فيزيائية للمادة، تستخدم للتعرف على الجسيمات

المجهولة من قبل العلماء (مثل بصمة الأصبع).

✓ **أتحقق:** لماذا تختلف الشحنة النوعية للإلكترون عنها للبروتون؟

ج الشحنة النوعية هي ناتج قسمة الشحنة على الكتلة، وحيث أن كتلة البروتون تختلف عن كتلة الإلكترون، فإن الشحنة النوعية لهما مختلفة، على الرغم من أن القيم المطلقة لشحنتيهما متساوية.

س إذا جعلنا نصف قطر المسار (r) موضع القانون، فما هي العوامل التي تعتمد عليها (r)؟

ج يعتمد نصف قطر المسار الدائري لجسيم مشحون داخل مجال مغناطيسي منتظم على 4 عوامل هي:

$$r = \frac{mv}{q \cdot B}$$

① سرعة الجسيم (v) - طردياً.

② كتلة الجسيم (m) - طردياً.

③ شحنة الجسم (q) - عكسياً.

④ مقدار المجال المغناطيسي (B) - عكسياً.

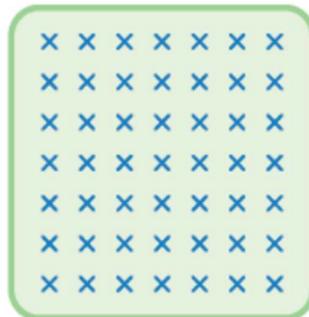
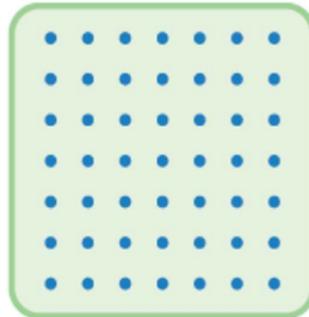
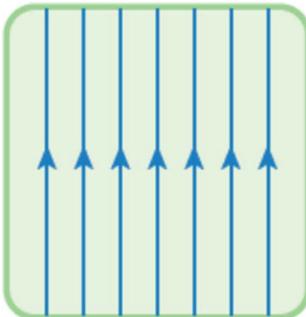
افكر

أفسر لماذا لا تبذل القوة المغناطيسية شغلاً على جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم. وهي تختلف بذلك عن القوة الكهربائية التي تبذل شغلاً على جسم مشحون يتحرك داخل مجال كهربائي.

ج القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك بداخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائماً عمودي على اتجاه الحركة، فتكون الزاوية بين الإزاحة والقوة (90°) والشغل يساوي صفراً، بينما عند تأثير القوة الكهربائية في الجسيم المشحون تكون الزاوية بين القوة والإزاحة صفراً أو (180°)، أو أي زاوية أخرى، وبذلك يوجد شغل موجب أو سالب، ويكون هذا الشغل صفراً إذا كانت الزاوية (90°).

س ما هو المجال المغناطيسي المستخدم في التطبيقات العلمية والتكنولوجية المختلفة؟

ج في التطبيقات العلمية والتكنولوجية المختلفة تستخدم عادة مجالات مغناطيسية منتظمة؛ تقذف خلالها الجسيمات المشحونة بسرعات عالية، باتجاه يتعامد مع اتجاهها.



س- أذكر أجهزة صممت بحيث تستخدم القوة المغناطيسية في توجيه التحكم في مسار الجسيمات المشحونة؟
ج- مطياف الكتلة - مسارع السينكروترون.

② تطبيقات تكنولوجية

1- مطياف الكتلة (*Mass Spectrometer*):

✿ ما هو: هو جهاز يستخدم لقياس كتل الجسيمات الذرية لتحديد مكونات عينة مجهولة.
✿ آلية عمله: تُحول العينة المراد دراستها إلى الحالة الغازية، ثم تؤين جسيماتها، بحيث يفقد كل منها عددًا متساويًا من الإلكترونات؛ فتصبح جميعها متساوية في الشحنة رغم اختلاف كتلتها.

✿ تدخل هذه الأيونات بسرعات متساوية إلى داخل مجال مغناطيسي منتظم باتجاه عمودي على اتجاه المجال، فيتحرك كل أيون في مسار دائري نتيجة للقوة المغناطيسية المركزية المؤثرة فيه، ويحسب نصف قطر هذا المسار الدائري من العلاقة:

$$F_B = \frac{mv^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv^2}{F_B} = \frac{mv}{q \cdot B}$$

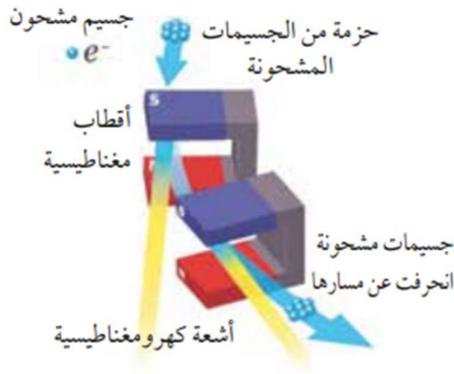
✿ قيم (v, q, B) متساوية لجميع الجسيمات، وبسبب اختلاف كتل الأيونات، يختلف نصف قطر المسار الدائري (r) لكل منها كما في الشكل التالي (r تتناسب طرديًا مع m):



✿ المسار الأكبر من حيث نصف القطر يكون للجسيمات ذات الكتل الأكبر.
✿ بمعرفة (r) يتم حساب الشحنة النوعية لكل أيون، ومن ثم التعرف على هوية مكونات العينة.
✿ اعتمادًا على قاعدة اليد اليمنى، ستتحرف الشحنات السالبة باتجاه معاكس لاتجاه انحراف الأيونات الموجبة.

2- مسارع السينكروترون (Synchrotron):

- ✿ ما هو: هو جهاز يستخدم لإنتاج أشعة (موجات) كهرومغناطيسية.
- ✿ مبدأ عمله: الجسيمات المشحونة ذات السرعات العالية تبعث إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تنحرف عن مسارها بتأثير مجال مغناطيسي.
- ✿ آلية عمله: يستخدم فيه مجالان: مجال كهربائي (\vec{E}) ومجال مغناطيسي (\vec{B}) ناتج عن أقطاب مغناطيسية.
- ✿ **أهمية المجال الكهربائي:**
- لتسريع الجسيمات المشحونة مثل الإلكترونات والبروتونات، وإكسابها سرعات عالية جدًا تقرب من سرعة الضوء.
- ✿ ثم تدخل الجسيمات المسرعة إلى مسار حلقي محاط بأقطاب مغناطيسية.
- ✿ **أهمية الأقطاب المغناطيسية والمجالات المغناطيسية:**
- **تنحرف الجسيمات المشحونة عن مسارها كما يبين الشكل، ما يؤدي إلى انبعاث إشعاعات كهرومغناطيسية.**



الشكل (10/أ): إنتاج أشعة كهرومغناطيسية في مسارع السنكروترون.

- ✿ عن طريق التحكم في المجالات الكهربائية والمغناطيسية المستخدمة في السينكروترون، يمكن إنتاج حزم من الأشعة ذات أطوال موجية مختلفة تُستخدم في الأبحاث العلمية في مجالات مثل الفيزياء والكيمياء.

الشكل (10/ب): صورة المبنى الخارجي للسينكروترون البرازيلي سيروس (Sirius)، الذي يعادل في مساحته ملعب كرة قدم.



✓ **أتحقق:** ما استخدامات كلٍّ من جهازي مطياف الكتلة والسينكروترون؟ وما وظيفة المجال المغناطيسي في كل منهما؟

- ج يستخدم مطياف الكتلة لقياس كتل الجسيمات الذرية لتحديد مكونات عينة مجهولة، والسينكروترون هو جهاز يستخدم لإنتاج أشعة (موجات) كهرومغناطيسية.
- ج وظيفة المجال المغناطيسي في مطياف الكتلة تحريك الجسيمات المشحونة حركة دائرية، أما في السينكروترون، فالمجال المغناطيسي يحرف الجسيمات المشحونة عن مسارها ما يؤدي إلى انبعاث إشعاعات كهرومغناطيسية.

الربط مع الكيمياء

الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة عن السينكروترون، يمكن التحكم فيها لإعطاء حزم تتراوح أطوالها الموجية من تحت الحمراء إلى الأشعة السينية، حيث إن موجات الضوء المرئي الناتجة تفوق ضوء الشمس في سطوعها. بحيث يستخدم الطول الموجي المناسب في الأبحاث العلمية في مجالات الفيزياء والكيمياء؛ مثل اكتشاف الخصائص الذرية والجزيئية وطول الروابط بين الذرات داخل الجزيء الواحد على مستوى (nm) .

الأسئلة

1. يُستخدم المجال المغناطيسي لحساب الشحنة النوعية للجسيمات، ماذا يُقصد بالشحنة النوعية؟

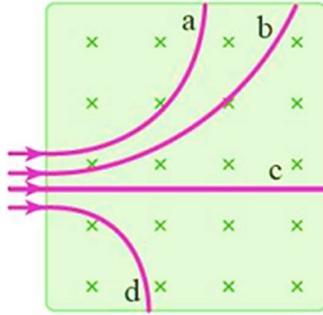
- ا- نسبة كتلة الجسيم إلى مربع شحنته
ب- نسبة شحنة الجسيم إلى مربع كتلته
ج- نسبة كتلة الجسيم إلى شحنته
د- نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته

6

2. عندما يتحرك جسيم مشحون حركةً دائريةً في مجال مغناطيسي منتظم؛ متى يزداد نصف

- ا- زيادة المجال وزيادة الشحنة
ب- زيادة الكتلة ونقص المجال
ج- نقص الكتلة ونقص السرعة
د- نقص الكتلة وزيادة المجال

7



3. دخلت أربع جسيمات (a, b, c, d) منطقة مجال مغناطيسي منتظم بسرعات متساوية وباتجاه عمودي على خطوطه كما في الشكل. أحرر أي من هذه الجسيمات يحمل شحنة موجبة وأيها يحمل شحنة سالبة وأيها لا يحمل شحنة، ثم أرتب الجسيمات (a, b, d) تصاعدياً حسب كتلتها. علماً بأنها متساوية في مقدار الشحنة.

$a, b: +$

$c: \pm$

$d: -$

$$m_b > m_a > m_d$$

4. أوقع: ثلاث جسيمات مشحونة: إلكترون، وبروتون، وأيون صوديوم (Na^+)؛ دخلت منطقة مجال مغناطيسي منتظم في جهاز مطياف الكتلة بالسرعة نفسها. كيف أُميز كل جسيم منها عن طريق اتجاه الانحراف ونصف قطر المسار؟ أوضح إجابتي بالرسم.

5. **أقارن:** كيف أستخدم جُسيمًا مشحونًا لتمييز منطقة مُحدّدة؛ إن كانت منطقة مجال مغناطيسي أم مجال كهربائي؟ أوضح إجابتي بمثال.

ج أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائيًا. لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر في الجسيمات المشحونة الساكنة. مثال ذلك، أنبوب الأشعة المهبطية تتسارع فيه الإلكترونات الساكنة في المهبط عند تطبيق مجال كهربائي بين القطبين.

6. قُدِّف بروتون بسرعة ابتدائية ($4.7 \times 10^6 \text{ m/s}$) داخل مجال مغناطيسي منتظم (0.35 T)؛ بحيث تتعامد سرعة البروتون مع المجال، فسلك مسارا دائريا. إذا علمت أن شحنة البروتون ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) وكتلته تساوي ($1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$)، أحسب نصف قطر المسار الدائري للبروتون.

0.14 m

المثال 4

استخدم مطياف الكتلة لفصل خام اليورانيوم إلى ذرات اليورانيوم (235) واليورانيوم (238)؛ تمّ تأيين الذرات فأصبحت شحنة كلّ أيون منها ($1.6 \times 10^{-19} C$)، ثمّ قُدِّفَت جميعها داخل مجال مغناطيسي منتظم ($1.2 T$) بسرعة ($4.0 \times 10^4 m/s$)، عموديّة عليه ($\theta = 90^\circ$). إذا كان نصف قطر مسار أحدهما ($8.177 cm$)، ونصف قطر مسار الثاني ($8.281 cm$)؛ أحسبُ كلا من:

أ- الشحنة النوعية لأيون كلّ ذرة.

ب- كتلة كلّ أيون.

$$407647 C/kg$$

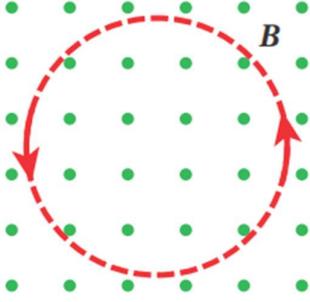
$$402528 C/kg$$

$$3.925 \times 10^{-25} kg$$

$$3.975 \times 10^{-25} kg$$

ألاحظ أنّ الأيون الذي يسلك مساراً نصف قطره أكبر يمتلك الكتلة الأكبر، وهو أيون ذرة اليورانيوم (238)، في حين يسلك أيون ذرة اليورانيوم (235) المسار الآخر الذي نصف قطره أصغر.

المثال 5



الشكل (أ/12): حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم.

مجال مغناطيسي منتظم مقداره (4.00 mT) عمودي على الصفحة إلى الخارج. قُذِفَ جسيم مشحون داخل المجال عمودياً عليه، فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها $(3.20 \times 10^{-15} \text{ N})$. فسلك مساراً دائرياً كما يبين الشكل (أ/12). الجسيم إما أنه إلكترون أو بروتون، أجب عما يأتي مستعينا بالشكل:

- هل الجسيم إلكترون أم بروتون؟ أفسر إجابتك.
- أحسب سرعة الجسيم.
- أحسب نصف قطر المسار الدائري.

7. يتحرك بروتون في مسار دائري نصف قطره (12 cm) داخل مجال مغناطيسي مُنتظم مقداره (0.7 T)، يتعامد اتجاه خطوطه مع مستوى المسار الدائري أحسب السرعة الخطية التي دخل فيها البروتون المجال.

$$8 \times 10^6 \text{ m/s}$$

8. **تفكير ناقد:** أيون موجب شحنته (+e) يكمل 5 دورات في مجال مغناطيسي منتظم ($5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$) خلال مدة زمنية (1.5 ms). أحسب كتلة الأيون بوحدة (kg).
ج لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

$$v = \frac{n \times 2\pi r}{t} = \frac{5 \times 2\pi r}{1.5 \times 10^{-3}} = 20944 \text{ m/s}$$

$$F_B = F_C \rightarrow qvB \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \rightarrow qB = \frac{mv}{r}$$

$$qB = \frac{m(20944)r}{r} = m(20944)$$

$$m = \frac{qB}{20944} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-2}}{20944} = 3.8 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

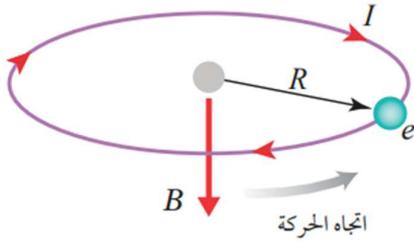
تذكر أن الحركة الدائرية المنتظمة، تكون فيها السرعة ثابتة مقدارا ، وتحسب من العلاقة:

$$v = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

والمسافة المقطوعة هي محيط الدائرة:

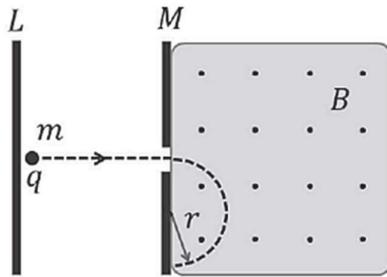
$$\text{المسافة} = 2\pi r$$

وفي حالة أكثر من دورة تصبح المسافة: $2\pi r \times n$ (حيث n هي عدد الدورات) وإذا دار الجسم دورة واحدة فقط، فإن زمن دورانه يسمى: الزمن الدوري.



9. **تفكير ناقد:** افترض أن إلكترون ذرة الهيدروجين يدور حول النواة (البروتون) في مسار دائري نصف قطره $(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})$ تحت تأثير القوة الكهربائية بينهما. تشكل حركة الإلكترون تياراً كهربائياً (اصطلاحياً) في حلقة دائرية بعكس اتجاه حركته، كما في الشكل. أحسب مقدار المجال المغناطيسي (B) الناتج عن هذه الحركة؛ علماً أن الزمن الدوري لحركة الإلكترون $(1.46 \times 10^{-16} \text{ s})$.

13 T



10. في تجربة باستخدام مطياف الكتلة؛ أدخل جسيم مشحون مجالاً كهربائياً منتظماً في الحيز بين الصفيحتين (L) و (M)، فتسارع حتى أصبحت سرعته النهائية $(5.9 \times 10^7 \text{ m/s})$ عندما وصل عند الصفيحة (M)، ثم سمح للجسيم بدخول مجال مغناطيسي منتظم مقداره (16 T) ، واتجاهه خارج من الصفحة (نحو الناظر) وعمودي عليها، كما في الشكل. فاتخذ الجسيم مساراً دائرياً نصف قطره (10 cm) . أجب عما يأتي:

- أ- ما نوع الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسيم؟
- ب- ما اتجاه المجال الكهربائي الذي استخدم لتسريع الجسيم؟
- ج- ما مقدار تسارع الجسيم داخل المجال المغناطيسي؟
- د- ما مقدار نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته؟

موجبة.

$$3.48 \times 10^6 \text{ m/s}^2$$

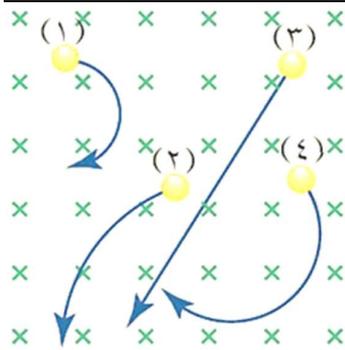
$$3.69 \times 10^7 \text{ C/kg}$$

(+x)

أسئلة إضافية:

1. فسر ما يلي: الشغل الذي تبذله القوة المغناطيسية على جسم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي يساوي صفر.

ج لأن اتجاه القوة المغناطيسية عمودي باستمرار على اتجاه الإزاحة التي يحققها الجسم المشحون المتحرك في مجال مغناطيسي.



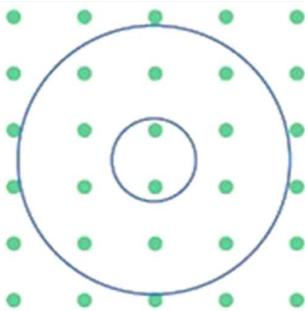
2. أدخلت أربعة جسيمات متماثلة في الكتلة والسرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم، فاتخذت المسارات الموضحة في الشكل، أجب عما يأتي:
 أ- حدد نوع شحنة كل من الجسيمات الأربعة، موضحاً ذلك.
 ب- رتب الجسيمات تنازلياً وفق مقدار شحنة كل منها.

(1), (4): -

(2): +

(3): غير مشحون: ±

$$q_1 > q_4 > q_2$$

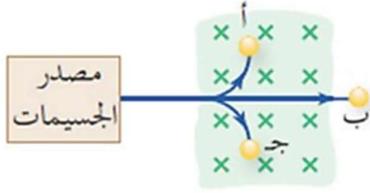


3. يمثل الشكل مساراً دائرياً لكل من إلكترون وبروتون، يتحركان داخل مجال مغناطيسي بالسرعة نفسها، إذا علمت أن كتلة البروتون أكبر من كتلة الإلكترون، فحدد أي المسارين للإلكترون وأيها للبروتون، ثم حدد على المسار اتجاه الحركة لكل منهما.

$$r_p > r_e$$

p: مع الساعة

e: عكس الساعة



الشكل (٥-٥١): سؤال (٢).

4. يبين الشكل (٥-٥١)، مسار ثلاثة جسيمات (أ، ب، ج) تعبر

مجالاً مغناطيسياً. فإذا كانت هذه الجسيمات تتحرك

بالسرعة نفسها، فأجب عن الأسئلة الآتية:

١- أي الجسيمات متعادل؟

٢- أي الجسيمات سالب الشحنة؟

٣- إذا كان مقدار شحنة الجسيمان (أ) ، (ج) متساوي، أيهما أكبر كتلة (أ) أم (ج)؟

ب
ح
متساويان

5. جسيم مشحون يتحرك عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي منتظم فيصنع مسارا دائريا

نصف قطره (r_1) . إذا دخل الى المجال المغناطيسي نفسه جسيم مشحون آخر له نفس

كتله الجسيم الأول بينما شحنته تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الجسيم الأول وبسرعة تساوي

ضعفي سرعة الجسيم الأول. جد نسبة نصف قطر المسار الدائري للجسيم الثاني (r_2) إلى

الأول (r_1) : (r_2) .

$\frac{2}{3}$

6. الأثر الذي يحدثه المجال المغناطيسي على الجسيمات المشحونة داخل المسارع النووي هو:

١- تسريعها ٢- إكسابها طاقة ٣- توجيهها ٤- إبطاؤها

ح

7. عند دخول جسيم مشحون مجالاً مغناطيسياً منتظماً باتجاه متعامد معه، فإن سرعة

الجسيم:

١- تتغير في المقدار والاتجاه

٢- تتغير في المقدار فقط

٣- تبقى ثابتة في المقدار والاتجاه

٤- تتغير في الاتجاه فقط

ح

8. قُذِفَ جسيم مشحون عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم، فاتخذ مساراً دائرياً. أجب عما يأتي:

- ① فسر اتخاذ الجسيم مساراً دائرياً.
- ② هل يبذل المجال المغناطيسي شغلاً على الجسيم المشحون؟ فسر إجابتك.
- ③ ماذا يحدث لنصف قطر المسار الدائري في الحالتين الآتيتين:
 - ا- إذا أصبحت سرعة الجسيم مثلي ما كانت عليه.
 - ب- إذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه.

لا
يتضاعف
يقبل إلى النصف

9. يتحرك بروتون داخل مجال مغناطيسي منتظم باتجاه عمودي على اتجاه خطوط المجال، إحدى العبارات الآتية تصف ما يحدث لمقدار واتجاه سرعة البروتون على الترتيب:

ا- يقل، يتغير ب- يقل، لا يتغير ج- يبقى ثابتاً، يتغير د- يبقى ثابتاً، لا يتغير

ج

10. يتحرك إلكترون بسرعة مقدارها (v) في مسار دائري تحت تأثير قوة مغناطيسية (F_B) ، إن مقدار سرعة الإلكترون بعد مرور (5) ثوان يساوي:

- ا- صفر ب- v ج- $0.2v$ د- $5v$

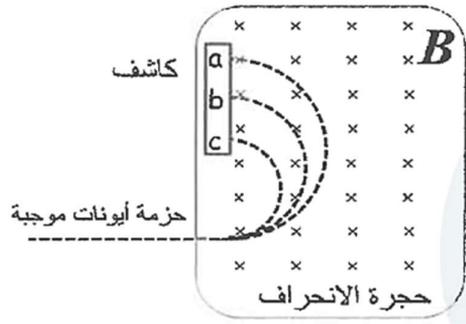
ب

11. إذا دخل جسيم مشحون بسرعة $(ع)$ عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم فإنه يتأثر بقوة

مغناطيسية. العبارة التي تصف تأثير القوة المغناطيسية في الجسيم:

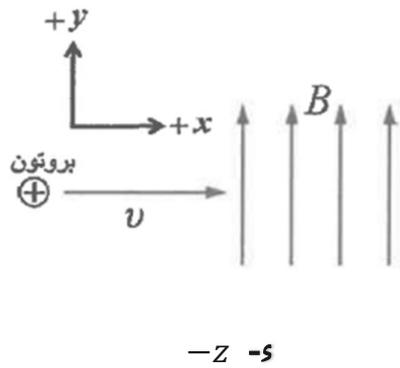
- ا- تكسبه طاقة حركية ب- تكسبه تسارعا مركزياً
ج- تبذل عليه شغلاً د- تغير مقدار سرعته

ب



أسئلة سنوات سابقة:

1. يبين الشكل المجاور تحليل عينة مجهولة باستخدام جهاز مطياف الكتلة. اعتمادًا على الشكل فإن انحراف الأيونات (a, b, c) يختلف بسبب اختلافها في:
- أ- السرعة
 - ب- الشحنة
 - ج- الشحنة النوعية
 - د- القوة المغناطيسية المؤثرة فيها



2. يتحرك بروتون باتجاه محور ($+x$)، فيدخل غرفة مفرغة تحتوي على مجالين، أحدهما كهربائي (E) والآخر مغناطيسي (B) يتجه نحو محور ($+y$) كما في الشكل المجاور. إذا استمر البروتون في مساره دون أن ينحرف، فإن اتجاه المجال الكهربائي يكون باتجاه محور:
- أ- $-x$
 - ب- $-y$
 - ج- $+z$
 - د- $-z$

3. مجال مغناطيسي منتظم ($6 \times 10^{-2} T$) يدور داخله وفي مستوى عمودي عليه أيون موجب الشحنة بحيث يكمل دورة واحدة في زمن ($0.2 ms$)، فإن الشحنة النوعية لهذا الأيون بوحدة (C/kg) تساوي:
- (محيط الدائرة = $2\pi r$)
- أ- $(\frac{\pi}{3} \times 10^6)$
 - ب- $(3\pi \times 10^6)$
 - ج- $(\frac{\pi}{6} \times 10^6)$
 - د- $(6\pi \times 10^6)$

3. القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيارا

- ✿ يعد الحديد من أشهر المواد المغناطيسية، حيث يتأثر عند وضعه داخل مجال مغناطيسي (يتمغنط)، نتيجة تأثيره بقوة مغناطيسية.
- ✿ النحاس ليس من المواد المغناطيسية، ولهذا فهو لا يتأثر بقوة مغناطيسية (يتمغنط) عند وضعه داخل مجال مغناطيسي.
- ✿ لكن؛ عند مرور تيار كهربائي في موصل من النحاس، فإنه يتأثر بالمجال المغناطيسي بسبب التيار الكهربائي المار فيه.

✓ **أتحقق:** متى يمكن لشريط من الألمنيوم أن يتأثر بقوة مغناطيسية عند وضعه في مجال مغناطيسي؟

ج عندما يسري فيه تيار كهربائي ويكون متجه طول الموصل غير مواز لاتجاه خطوط المجال. أو عندما يتحرك الشريط نفسه بسرعة باتجاه لا يوازي خطوط المجال.

✿ عندما تتحرك شحنة داخل مجال مغناطيسي فإنها تتأثر بقوة مغناطيسية تجبرها على الحركة في مسار دائري.

✿ وكما نعلم، فالتيار الكهربائي ما هو إلا سيل متحرك من الشحنات الكهربائية المتحركة، وبالتالي تتأثر كل شحنة بقوة مغناطيسية، مما يعني أن **التيار الكهربائي ككل سيتأثر بقوة مغناطيسية**، بحيث تكون:

✿ القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (السلك) تساوي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات التي تشكل التيار الكهربائي.

✿ أي موصل يمر به تيار كهربائي سيتأثر بقوة مغناطيسية من المجال المغناطيسي الموضوع فيه.

✿ إذا وضع موصل طوله (\vec{L}) ويسري به تيار كهربائي (I) داخل مجال مغناطيسي منتظم (\vec{B}) ، فإن المجال المغناطيسي سيؤثر بقوة مغناطيسية (\vec{F}_B) على الموصل (والتيار الذي فيه) تحسب من العلاقة التالية:

$$\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B}$$

✿ ويمكن حساب مقدار القوة المغناطيسية من العلاقة التالية:

$$F_B = IL \sin \theta_{L,B}$$

حيث (I) : التيار المار في الموصل، (\vec{L}) : طول الموصل، (\vec{B}) : المجال المغناطيسي المنتظم، $(\theta_{L,B})$: الزاوية بين اتجاه (\vec{L}) و (\vec{B}) .

✓ **أتحقق:** أوضح المقصود بمتجه طول الموصل، وأبين كيف أحدد اتجاهه.

ج (\vec{L}) طول الموصل وهو كمية متجهة؛ مقداره هو طول الموصل، واتجاهه هو اتجاه التيار المار في الموصل.

س اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يمر به تيار كهربائي بداخل المجال المغناطيسي.

✓ التيار الكهربائي (I) طردياً.

✓ طول الموصل (L) طردياً.

✓ مقدار المجال المغناطيسي المؤثر (B) طردياً.

✓ $(\sin \theta)$ بين اتجاه (\vec{L}) واتجاه (\vec{B}) طردياً.

خصائص
القوة
المغناطيسية

✿ يتناسب **مقدار** القوة المغناطيسية طردياً مع كل من؛ **مقدار** التيار الكهربائي (I) و**مقدار** طول الموصل (L) و**مقدار** المجال المغناطيسي (B) .

✿ يعتمد **اتجاه** القوة المغناطيسية على **اتجاه** طول الموصل و**اتجاه** المجال المغناطيسي.

✿ اعتماداً على قانون القوة المغناطيسية: $(F_B = ILB \sin \theta_{L,B})$ يمكن استنتاج ما يلي:

✓ تكون القوة المغناطيسية (F_B) أكبر ما يمكن (عظمى) عندما تكون $(\theta = 90^\circ)$ أي عندما

يكون طول الموصل (التيار الكهربائي) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B}) .

✓ تنعدم القوة المغناطيسية $(F_B = 0)$ في الحالات الآتية:

① الموصل لا يسري فيه تيار كهربائي $(I = 0)$.

② اتجاه طول الموصل (\vec{L}) موازي لاتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B}) ؛ $(\theta = 0^\circ, 180^\circ)$.

✿ إذا زادت قيمة (θ) عن (90°) أو قلت عنها، فإن القوة المغناطيسية تقل عنما كانت عليه

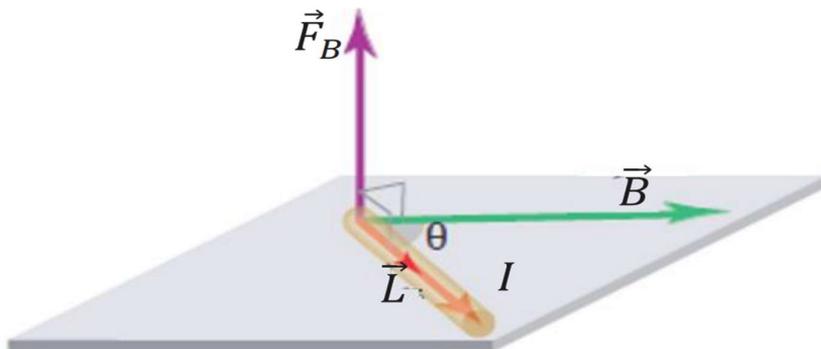
عند $(\theta = 90^\circ)$ ، إلى أن تنعدم القوة المغناطيسية عندما تصبح $(\theta = 0^\circ, 180^\circ)$.

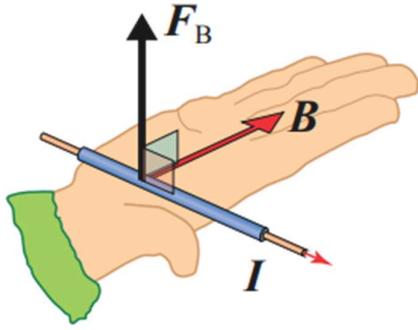
س كيف يمكن لموصل يمر به تيار كهربائي أن يتواجد في مجال مغناطيسي ولا يتأثر بقوة مغناطيسية؟

ج إذا كان اتجاه التيار الكهربائي موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي أي أن: $(\theta = 0^\circ, 180^\circ)$.

✿ يكون اتجاه القوة المغناطيسية دائماً عمودياً على كل من المتجهين (\vec{L}) و (\vec{B}) مهما

كانت الزاوية بينهما.





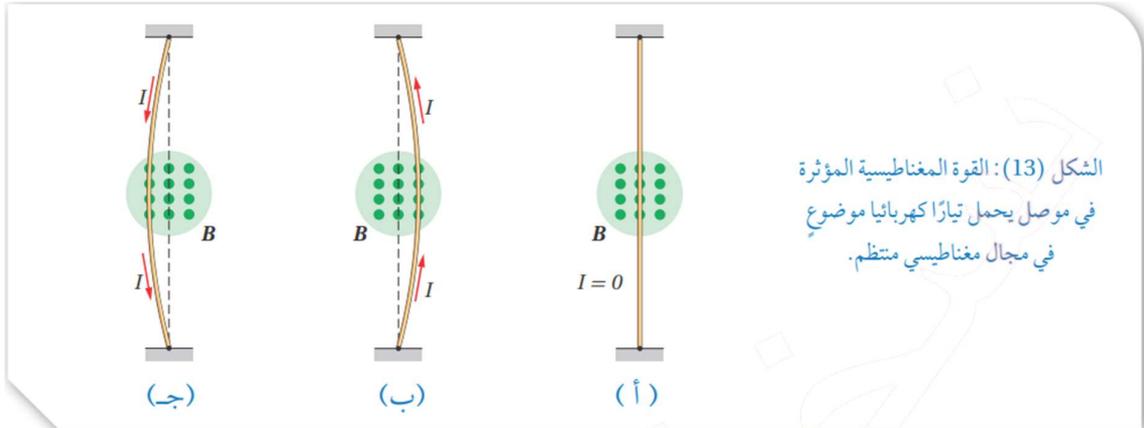
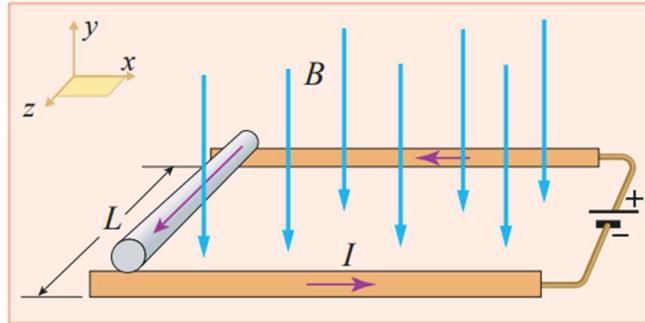
✿ يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية باستخدام

قاعدة اليد اليمنى، حيث:

- ✓ يوضع الإبهام باتجاه التيار الكهربائي (I).
- ✓ توضع الأصابع الأربعة باتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B}).
- ✓ تشير راحة اليد (باطن الكف) إلى اتجاه القوة المغناطيسية \vec{F}_B .

✿ تطبيق يبين الشكل التالي سلكاً نحاسياً قابل للحركة بسهولة فوق قضيبين متوازيين ثابتين

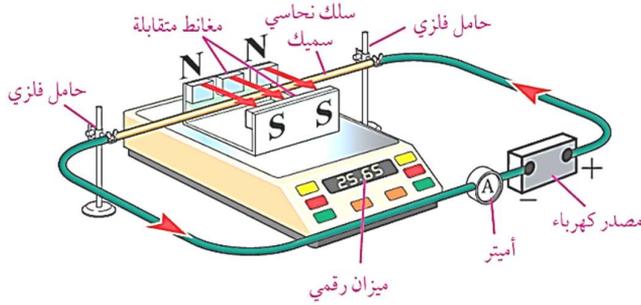
داخل مجال مغناطيسي منتظم باتجاه رأسي نحو الأسفل ($-y$)، يسري في السلك تيار كهربائي باتجاه ($+z$)، إن اتجاه القوة المغناطيسية سيكون حسب قاعدة اليد اليمنى: باتجاه اليمين ($+x$).



الشكل (13): القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً موضوع في مجال مغناطيسي منتظم.

التجربة 1

استقصاء القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً



المواد والأدوات: مغناط لوحية صغيرة عدد (4)، حمالة فلزية للمغناط، سلك نحاسي سميك قطره (3 mm) وطوله (35 cm) تقريباً، حاملان فلزيان، أميتر، مصدر طاقة مُنخفض الجهد، أسلاك توصيل، ميزان رقمي.

ارشادات السلامة: الحذر عند التعامل مع مصدر الطاقة الكهربائي.

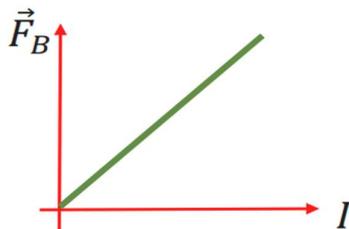
التحليل والاستنتاج:

1. أستنتج اتجاه القوة المغناطيسية التي أثر بها المجال في السلك النحاسي، واتجاه قوة رد الفعل التي أثر بها السلك في المغناط والقاعدة الفولاذية، معتمداً على التغير في قراءة الميزان.
2. أقرن: اتجاه القوة الذي استنتجته مع الاتجاه الذي يمكن التوصل إليه بتطبيق قاعدة اليد اليمنى.
3. أحلّل البيانات وأفسرها: أملأ البيانات المدونة في الجدول بعلاقة بيانية بين التيار والقوة المغناطيسية.
4. أستنتج العلاقة بين التيار والقوة، ثم أجد ميل المنحنى، وأحدّد القيم التي يمثلها في

العلاقة الرياضية: $F_B = IBL$

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. معتمداً على زيادة قراءة الميزان، أستنتج أن زيادة الوزن ناتجة عن تأثير المغناط بقوة رد فعل نحو الأسفل من السلك، في حين يتأثر السلك بقوة مغناطيسية (فعل) نحو الأعلى من المغناط.
2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى أستنتج أن القوة المؤثرة في السلك يكون نحو الأعلى، وهذا يتفق مع الاستنتاج السابق من ملاحظة قراءة الميزان.
3. يجب أن يكون منحنى العلاقة خطأً مستقيماً ميله موجب، لأنه يمثل علاقة خطية طردية.
4. العلاقة بين التيار والقوة المغناطيسية طردية، والميل يساوي حاصل ضرب طول الموصل في المجال المغناطيسي.



$$F_B = IBL \rightarrow \frac{F_B}{I} = BL$$

- ✿ إذا ذكر في السؤال: القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال؛ نعوض: $L = 1\text{ m}$.
- ✿ إذا ذكر في السؤال أن الموصل الذي يتعرض لقوة مغناطيسية: متزن؛ فهذا يعني أن هناك قوة أخرى غير القوة المغناطيسية تؤثر عليه وتجعله يتزن، ألا وهي قوة وزن الموصل نفسه $(F_g = mg)$.
- ✿ إذا كان الموصل متزناً نطبق عليه قوانين الاتزان، وهي:

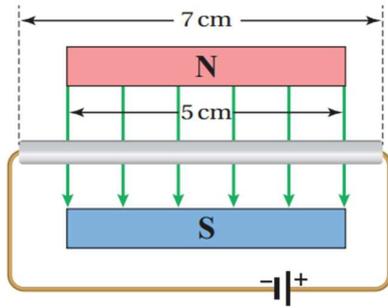
✿ إذا لم يكن الموصل مربوطاً بخيط، فإن:

$$\vec{F}_\uparrow = \vec{F}_\downarrow \implies \vec{F}_B = \vec{F}_g \implies ILB \sin \theta = mg$$

✿ إذا كان الموصل مربوطاً بخيط، فالشد في الخيط وقوة الوزن والقوة المغناطيسية كلها تؤثر عليه:

الأسئلة

المثال 6



بيِّن الشكل سلك ألومنيوم طوله (7 cm) يحمل تياراً (5.2 A) ؛ جزء منه داخل مجال مغناطيسي (250 mT) وعمودي عليه. معتمداً على بيانات الشكل؛ أجد ما يأتي:

- ١- اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.
- ٢- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

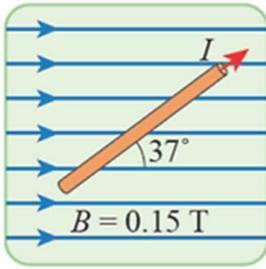
$$+z$$

$$6.5 \times 10^{-2}\text{ N}$$

سؤال

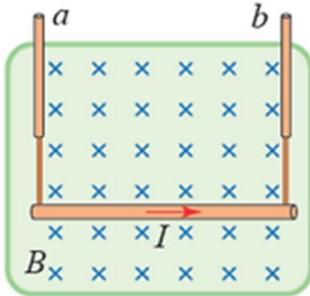
أحسب مقدار مجال مغناطيسي يؤثر بقوة (75 mN) في سلك طوله (5 cm) ؛ يحمل تياراً كهربائياً (3 A) ويصنع زاوية (90°) مع المجال المغناطيسي.

$$0.5\text{ T}$$



1. موصل مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًا ($8 A$) داخل مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل المجاور. أحسب مقدار القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي فيوحدة الأطوال من الموصل، وأحدّد اتجاهها.

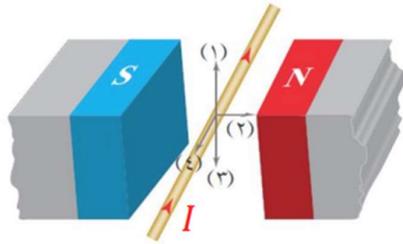
$0.72 N, -z$



2. موصل للكهرباء مستقيم الشكل طوله ($0.45 m$) وكتلته ($60 g$)، في وضع أفقي مُعلّق بواسطة سلكين رأسيين (a, b) ينقلان له تيارًا كهربائيًا مقداره ($5 A$) حيث ($g = 9.8 m/s^2$).
 أ- أحسب مقدار المجال المغناطيسي الذي يتعامد مع الموصل بحيث يجعل الشدّ في السلكين صفرًا.
 ب- أحسب مجموع الشدّ الكليّ في السلكين المذكورين عندما ينعكس اتجاه التيار الكهربائي في الموصل.

$0.27 T$
 $1.2 N$

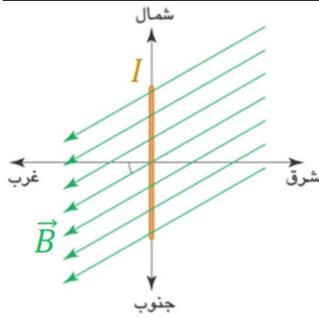
أسئلة إضافية:



1. في الشكل، السهم الذي يمثل اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل:

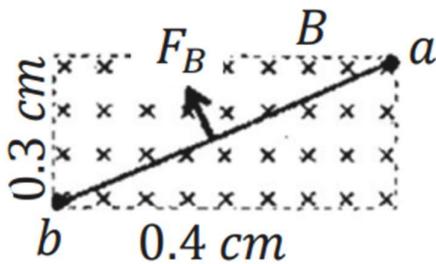
- (1) -أ
(2) -ب
(3) -ج
(4) -د

ب



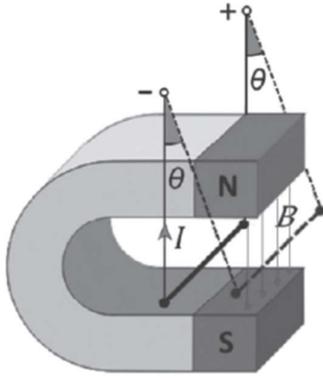
2. سلك مستقيم طوله 20 cm يسري فيه تيار مقداره 4 A باتجاه الشمال، أثر فيه مجال مغناطيسي مقداره 6 T باتجاه 60° جنوب الغرب كما في الشكل احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

$2.4\text{ N}, +z$



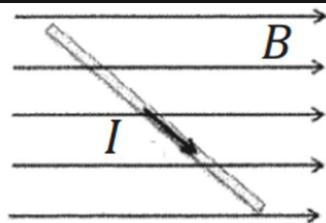
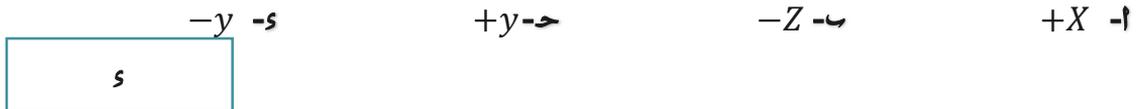
3. موصل ab يحمل تياراً كهربائياً منطبقاً على قطر منطقة مستطيلة الشكل تحوي مجالاً مغناطيسياً منتظماً 0.3 T إذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل 0.03 N بالاتجاه الموضح في الشكل المجاور. جد التيار المار في الموصل وحدد اتجاه مروره.

$20\text{ A}, b \rightarrow a$



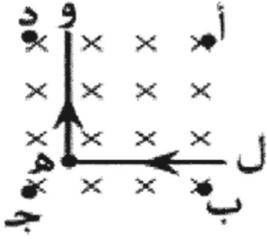
4. سلك طوله (5 cm) وكتلته (50 g)، معلق بين قطبي مغناطيس (مجاله منتظم) بواسطة سلكين رفيعين مهملي الكتلة، كما في الشكل. عندما يسري فيه تيار كهربائي (10 A) ينحرف عن العمودي بزاوية $(\theta = 14^\circ)$. ما مقدار المجال المغناطيسي؟

5. موصل مستقيم يمر فيه تيار كهربائي باتجاه المحور +X، عُمر في مجال مغناطيسي منتظم فتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه +Z نستنتج أن المجال المغناطيسي المنتظم يكون باتجاه المحور:



6. موصل مستقيم يحمل تياراً كهربائياً (I) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كما الشكل المجاور. يكون اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل باتجاه:

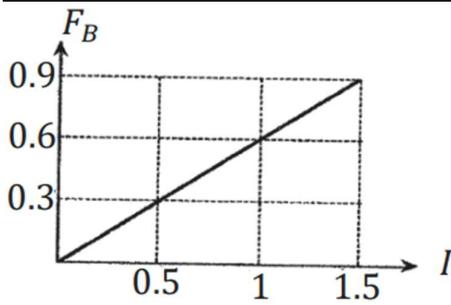




7. يبين الشكل المجاور موصلا (ل هـ و) فيه (طول ل هـ = طول هـ و)، والموصل جزء من دائرة كهربائية يمر فيها تيار كهربائي بالاتجاه الموضح في الشكل، ومغمور في مجال مغناطيسي منتظم، يتأثر الموصل بقوة مغناطيسية فيتحرك بحيث تتجه النقطة (هـ) نحو النقطة:

- أ- ↑ ب- ← ج- ↘ د- ↙

ج



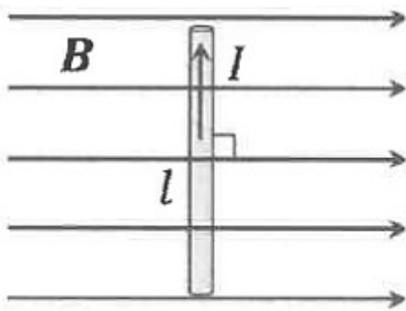
8. معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور، والذي يبين تمثيلاً بيانياً للعلاقة بين القوة المغناطيسية F_B المؤثرة في موصل مستقيم مغمور في مجال مغناطيسي منتظم والتيار الكهربائي I المار فيه، إذا كان طول الموصل 40 cm ويتعامد طوله مع المجال المغناطيسي

فإن مقدار المجال المغناطيسي المؤثر في الموصل بالتسلا يساوي:

- أ- 1.5 ب- 0.67 ج- 2.4 د- 1.33

ب

أسئلة سنوات سابقة:



سلك طوله (l) يحمل تياراً كهربائياً (I) موضوع في مجال مغناطيسي (B) ويصنع زاوية (90°) مع المجال، كما في الشكل المجاور، فتأثر السلك بقوة مغناطيسية. إذا أميل السلك بحيث أصبحت الزاوية بين متجه المجال ومتجه طول السلك أكبر من (90°)، فإن ما يحدث للقوة المغناطيسية المؤثرة في السلك:

- أ- تزداد وتبقى بالاتجاه نفسه ب- تزداد وينعكس اتجاهها
ج- تقل وينعكس اتجاهها د- تقل وتبقى بالاتجاه نفسه

س

4. العزم المؤثر في حلقة تحمل تياراً في مجال مغناطيسي منتظم وتطبيقاته

تذكر أن: القوة التي تؤثر على جسم ممتد مثبت من نقطة معينة تسبب دورانه، وتنتج عزماً يحسب من العلاقة:

$$\tau = rF \sin \theta_{r,F}$$

وتذكر أن: العزم المحصل يسمى ازدواج، إذا كان ناتج عن تأثير قوتين على الجسم، متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، وخط عملهما غير منطبق، ويحسب الازدواج كمن العلاقة التالية:

$$\tau_{\text{ازدواج}} = r_{F_1, F_2} F \sin \theta_{r,F}$$

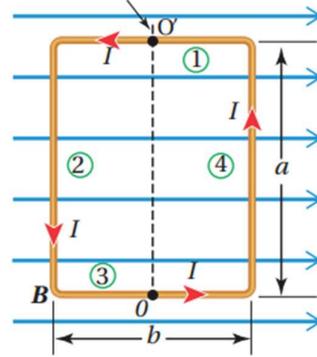
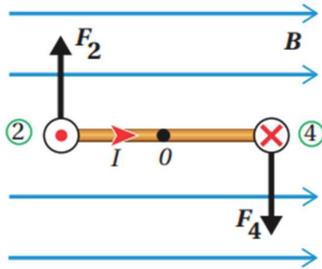
وتذكر أنه: إذا وضع موصل مستقيم يمر به تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم، فإن المجال المغناطيسي سيؤثر بقوة مغناطيسية على الموصل، وتحسب القوة على الموصل من العلاقة التالية:

$$F_B = ILB \sin \theta_{L,B}$$

ويحدد اتجاهها باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

وتذكر أن: السلك (الموصل) إذا كان على شكل حلقة مغلقة؛ مستطيلة أو مربعة أو دائرية، فإنها تسمى عروة.

إذا علقت عروة يمر بها تيار كهربائي تعليقا حراً داخل مجال مغناطيسي منتظم، فإن المجال المغناطيسي سيؤثر بقوة على التيار المار في الأسلاك.



(أ): منظر علوي للحلقة، يُبين أضلاعها الأربعة وخطوط المجال. (ب): منظر جانبي للحلقة يُبين الضلع (3) والقوى المغناطيسية.

الشكل (14): حلقة مستطيلة تحمل تياراً كهربائياً؛ قابلة للدوران في مجال مغناطيسي منتظم.

تعمد القوة المغناطيسية المؤثرة على الموصل على الزاوية بين اتجاه التيار (I) واتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B})، حيث:

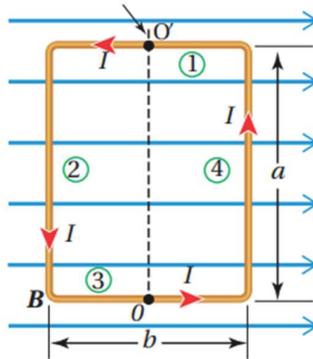
1. إذا كان اتجاه التيار موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي؛ معه أو عكسه ($\theta = 0^\circ$ أو 180°)، تكون القوة المغناطيسية معدومة ($F_B = 0 N$). [في الشكل السفلي: الضلعين 1 و 3]

2. إذا كان اتجاه التيار عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي ($\theta = 90^\circ$)، تكون القوة المغناطيسية أكبر ما يمكن أي عظمى ($F_B = ILB$). [في الشكل السفلي: الضلعين 2 و 4]

3. إذا كانت الزاوية ليست (0°) ولا (180°) ولا (90°)، فإن القوة المغناطيسية تحسب من العلاقة:

$$(F_B = ILB \sin \theta)$$

تؤدي القوة المغناطيسية إلى تحرك السلك، لأنه معلق بشكل حر، ولأن القوة ستؤثر على ضلعين من أضلاع السلك فقط، ولأن القوتين متعاكستان في الاتجاه وخط عملهما غير منطبق، فإنهما تشكلان عزم ازدواج على العروة، ولذا فإن العروة ستبدأ بالدوران حول خط التعليق (محور الدوران).



الخط المتقطع الواصل بين O و O' هو محور الدوران.

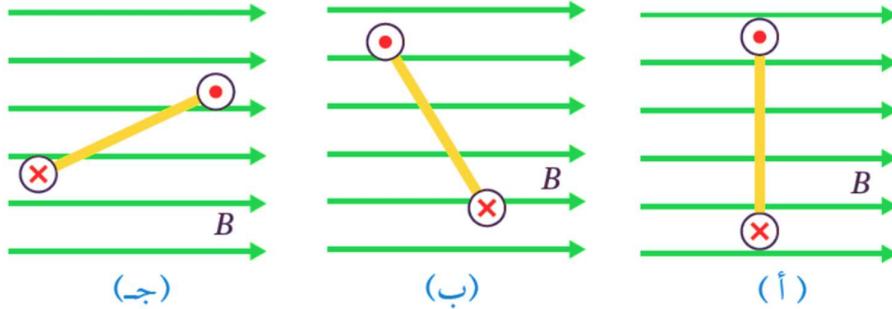
القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلعين: 1,3 دائما تساوي صفر

في الضلعين 2,4 تكون الزاوية

بالرغم من دوران الملف بسبب عزم الازدواج، تبقى القوى متساوية ومتعاكسة وخط عملهما غير منطبق، ولذا فهي تشكل ازدواج دائما.

لتحديد اتجاه عزم الازدواج بشكل سريع وبدون يد يميني، نحدد اتجاه القوى على أضلاع الملف، ومنها نحدد اتجاه الدوران (تخيل القوى تدور؛ هذا هو اتجاه دوران الملف)

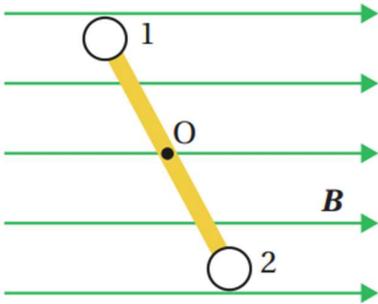
✓ **أتحقق:** بين الشكل (15) مشاهد لمقطع جانبي تظهر فيه الحافة القريبة من الناظر لحلقة تحمل تياراً كهربائياً، موضوعة في مجال مغناطيسي أفقي. أحدّد اتجاه الدوران في كل حالة (إن وجد).



ج في الشكل (أ) لا يوجد عزم دوران لأن F_1 و F_2 متعاكستان وخط عملهما منطبق. في الشكل (ب) يكون اتجاه عزم الدوران مع اتجاه عقارب الساعة. في الشكل (ج) يكون اتجاه عزم الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة.

الأسئلة:

المثال 7



حلقة مستطيلة الشكل يسري فيها تيار ملقاة داخل مجال مغناطيسي منتظم كما بيّن الشكل (16). إذا علمت أنّ الحلقة تدور بعكس حركة عقارب الساعة حول محور عمودي على مستوى الصفحة ويمر بالنقطة (O)، فأحدّد اتجاه التيار في كل من الضلعين 1 و 2.

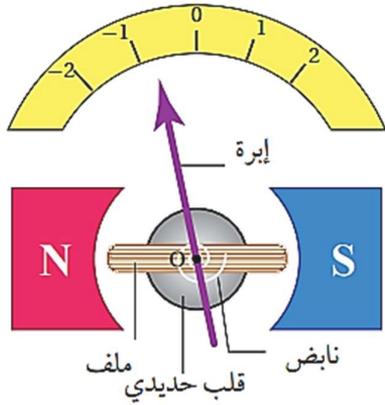
ج بما أنّ الحلقة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ فإنّ الضلع (1) في الحلقة يتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه (-y) بينما القوة المغناطيسية المؤثرة في الضلع (2) تكون باتجاه (+y). وباستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون التيار في الضلع (1) باتجاه (-z) والضلع (2) باتجاه (+z).

تطبيقات تكنولوجيا:

① الغلفانوميتر (*Galvanometer*):

- ✿ الغلفانوميتر هو أداة تستخدم للكشف عن التيار الكهربائي وقياسه.
- ✿ صنع قبل 200 سنة، وما زال يتطور في صناعته.
- ✿ النوع المستعمل حالياً يسمى: الغلفانوميتر ذو الملف المتحرك.
- ✿ وظيفته (استخداماته): قياس التيارات الصغيرة جداً بالميكروأمبير (μA).
- ✿ يعتمد في عمله على: العزم الذي يؤثر به المجال المغناطيسي المنتظم في ملف قابل للدوران عند مرور تيار كهربائي فيه.

أجزاء الغلفانوميتر ووظائفها:



الشكل (17): الغلفانوميتر ذو الملف المتحرك.

1. قطبا مغناطيس متقابلان بينهما مجال مغناطيسي؛ يؤثر بقوة مغناطيسية في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه، كما في الشكل.
2. ملفاً مستطيل من سلك نحاسي رفيع معزول مغمور في المجال المغناطيسي. عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر بعزم ازدواج فيدور حول محور يمر بالنقطة (0) وعمودي على الصفحة، وتدور معه إبرة تشير إلى تحريج مُعيّن يتناسب مع قيمة التيار.
3. قلب حديدي داخل الملف وظيفته تركيز المجال المغناطيسي في الملف؛ لأن الحديد مادة مغناطيسية تسمح بنفاذية عالية لخطوط المجال المغناطيسي.
4. نابض حلزوني مثبت في أحد طرفي المحور. وظيفته إرجاع الملف إلى وضع الصفر بعد توقف مرور التيار الكهربائي فيه.

س ما وظيفة كل جزء من أجزاء الغلفانوميتر؟

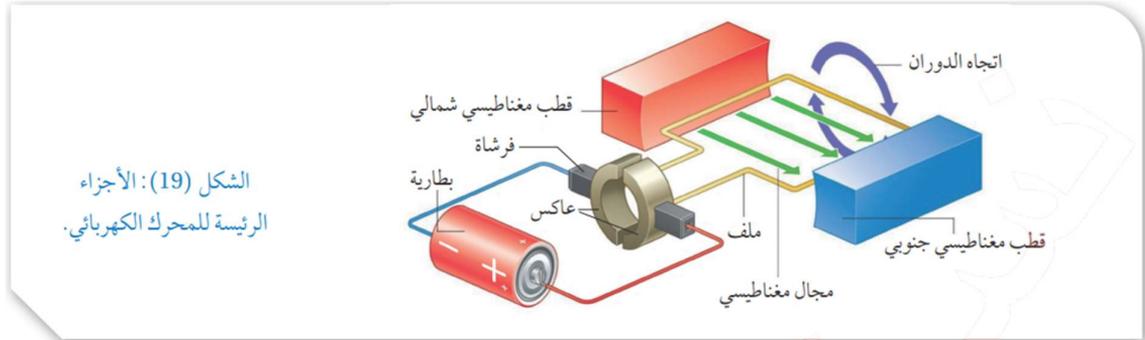
#	الجزء	الوظيفة
1.	المجال المغناطيسي	يؤثر بقوة مغناطيسية في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه.
2.	الملف المستطيل	عند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر بعزم ازدواج فيدور حول محور الدوران.
3.	الإبرة (المؤشر)	تشير إلى تحريك مُعيّن يتناسب مع قيمة التيار.
4.	قلب حديدي داخل الملف	تركيز المجال المغناطيسي في الملف.
5.	نابض حلزوني	إرجاع الملت إلى وضع الصفر بعد توقف مرور التيار الكهربائي فيه.

س فسر: يستخدم قلب حديدي داخل الملف لتركيز المجال المغناطيسي في الملف.
ج لأن الحديد مادة مغناطيسية تسمح بنفاذية عالية لخطوط المجال المغناطيسي.

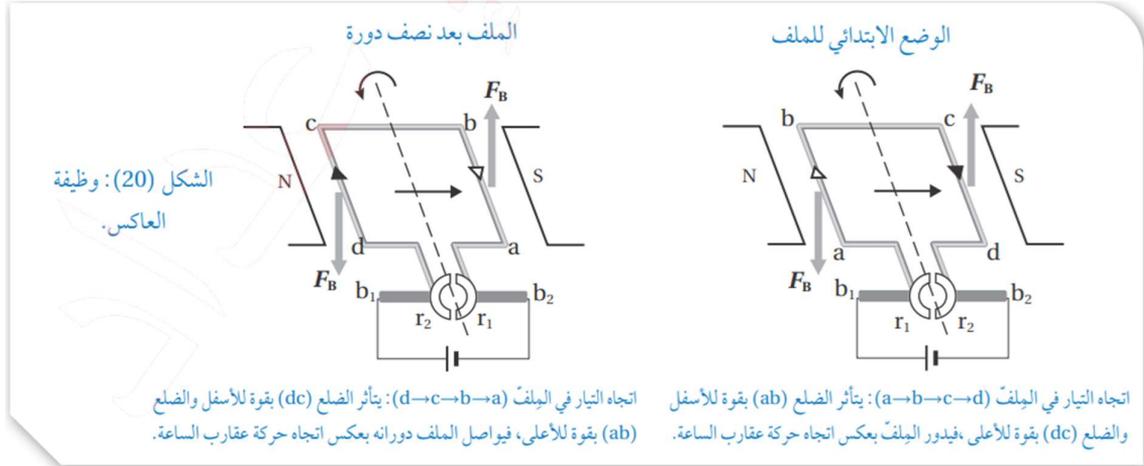
② المحرك الكهربائي (Electric Motor):

✿ وظيفته (استخداماته): المحرك الكهربائي هو جهاز يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية.

✿ يُستخدم في كثير من التطبيقات؛ مثل السيارة الكهربائية.



مكوناته واستخداماتها: ❁



1. قطبا مغناطيس متقابلان يولدان مجالا مغناطيسيا.

2. ملف من سلك نحاسي معزول ومغمور في مجال مغناطيسي يؤدي إلى دورانه حول محور (OO') نتيجة تأثيره بعزم عند مرور تيار كهربائي فيه نتيجة للقوة المغناطيسية المؤثرة فيه.

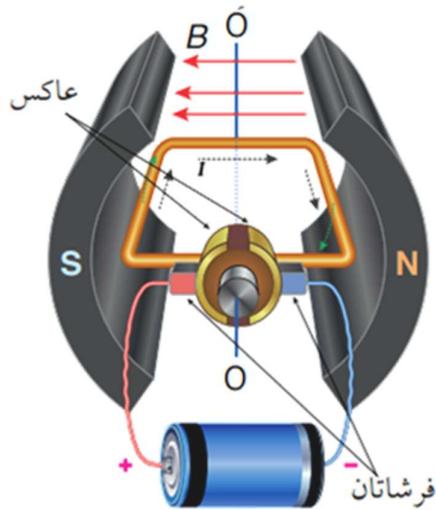
3. العاكس؛ وهو نصفاً أسطوانة موصلة، يتصل كل نصف بأحد طرفي الملف، وظيفته توصيل التيار الكهربائي إلى الملف وعكس اتجاهه كل نصف دورة.

4. فرشتان من الكربون تلامسان العاكس وتتصلان بمصدر التيار، فتتقلانه إلى العاكس، وعند دوران الملف يحدث تبديل في تلامس إحدى الفرشتين مع أحد نصفي العاكس كل نصف دورة، فينعكس اتجاه التيار الكهربائي في الملف وتنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد.

❁ تعتمد سرعة دوران المحرك الكهربائي على: العزم الذي تولده القوة المغناطيسية على الملف.

س ما وظيفة كل جزء من أجزاء المحرك الكهربائي؟

#	الجزء	الوظيفة
1.	قطبا المغناطيس المتقابلان	يولدان مجالاً مغناطيسياً
2.	ملف من سلكٍ نحاسيٍّ معزولٍ	يمر به تيار كهربائي ويدير داخل المجال المغناطيسي
3.	المجال المغناطيسي بين قطبا المغناطيس	يؤدي إلى دوران الملف حول محور ($O - O'$) نتيجة تأثيره بعزم عند مرور تيار كهربائي فيه نتيجة للقوة المغناطيسية المؤثرة فيه.
4.	العاكس (نصفا الاسطوانة)	① توصيل التيار الكهربائي إلى الملف. ② عكس اتجاه التيار كل نصف دورة.
5.	فرشتان من الكربون	تلامسان العاكس وتتصلان بمصدر التيار، فتقلانه إلى العاكس، وعند دوران الملف يحدث تبديل في تلامس إحدى الفرشتين مع أحد نصفي العاكس كل نصف دورة، فينعكس اتجاه التيار الكهربائي في الملف وتنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد.



الربط مع الفضاء

تحتاج الأقمار الصناعية لضبط توجيهها من حين لآخر، لذلك تزود بملفات يجري إيصالها بالتيار عند الحاجة؛ فيؤثر المجال المغناطيسي الأرضي فيها بعزم يعمل على تدوير القمر الصناعي لضبط اتجاهه. علماً أن التيار هو الخلايا الشمسية.



أسئلة سنوات سابقة:

جزءان في المحرك الكهربائي يتصلان معًا فينقل أحدهما التيار إلى الآخر؛ الجزء الأول مكون من قطعتين من الكربون تتصلان مع مصدر التيار، والجزء الثاني مكون من نصفي أسطوانة موصلة، الجزءان على الترتيب، هما:

- أ- العاكس والملف
- ب- الملف والفرشتان
- ج- الملف وقطبا المغناطيس
- د- الفرشتان والعاكس

س

5. المجال المغناطيسي الناشئ عن التيارات الكهربائية

✿ يحتوي هذا الدرس على 4 محاور؛ وهي:

✓ مقدمة

✓ المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل مستقيم.

✓ المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري.

✓ المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي.

① مقدمة

✿ الشحنة الكهربائية الساكنة تولد حولها مجالاً كهربائياً (\vec{E}) .

✿ **التيار الكهربائي** (الشحنة المتحركة) المار في موصل يولد **حوله** مجالاً كهربائياً (\vec{E})

ومجالاً مغناطيسياً (\vec{B}) . [سندرس **فقط المجال المغناطيسي** الناتج عن مرور تيار كهربائي في الموصل]

✿ اكتشف (استنتج) العالم الدنماركي **أورستد** أن التيار الكهربائي يولد حوله مجالاً مغناطيسياً

عندما لاحظ تحرك **البوصلة** بالقرب من **السلك**، والبوصلة لا تتأثر إلا بالمجال المغناطيسي.

✿ **يعتمد المجال المغناطيسي** حول الموصل على **شكل** السلك الذي يمر به التيار الكهربائي.

✿ سندرس بداية الحالة العامة، وهي القانون العام لحساب المجال المغناطيسي الناتج عن أي

شكل من الأسلاك، ثم سندرس ثلاثة أشكال محددة للأسلاك وهي:

✓ الموصل المستقيم لا نهائي الطول (طويل جداً؛ طوله).

✓ الملف الدائري.

✓ الملف اللولبي.

✿ في الوحدة الثالثة، درست المجال الكهربائي، وتعلمت أنه يعتمد على عدة عوامل، من

ضمنها: نوع الوسط المحيط بالشحنة الكهربائية، وتعلمت أن نوع الوسط يعبر عنه

بمصطلح: **السماحية الكهربائية**، ويرمز له بالرمز: ϵ_0 .

✿ يؤثر نوع الوسط المحيط بالموصل على مقدار المجال المغناطيسي المتولد حوله، ويعبر عن

نوع الوسط المحيط بالموصل بمصطلح: **النفاذية المغناطيسية**، ويرمز له بالرمز: (μ) ،

وتقاس بوحدة: $(T \cdot m/A)$.

✿ تعرف **النفاذية المغناطيسية** بأنها: قابلية الوسط لتدفق خطوط المجال المغناطيسي خلاله؛

- أي أنه كلما زادت قيمة النفاذية المغناطيسية للوسط، زادت قابليته لتدفق خطوط المجال

المغناطيسي خلاله، أي أصبح أقوى مغناطيسياً.

- **أقل** قيمة للنفاذية المغناطيسية هي **للواء أو الفراغ** $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A)$.

- **أعلى** قيمة للنفاذية المغناطيسية هي **للحديد** والمواد المغناطيسية الأخرى.

✿ المجال المغناطيسي ينتج عن المغناطيس الدائم المصنوع من المواد المغناطيسية، وينتج

كذلك عن المغناطيس الكهربائي، وهو الموصل الذي يمر به تيار كهربائي فيولد حوله

مجالاً مغناطيسياً.

✿ المغناطيس الكهربائي هو الأكثر استخداماً في التطبيقات التكنولوجية والاستخدامات

العملية.

1- المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في موصل عشوائي الشكل:

✿ إذا مر تيار كهربائي (I) في أي موصل طوله (L) - مهما كان شكله - فسينتج عنه مجال

مغناطيسي.

✿ لا نستطيع حساب المجال المغناطيسي لهذا الموصل إلا بحسابات معقدة جداً، ولذا سنأخذ

مقطعاً صغيراً جداً من الموصل (dL أو ΔL) وسنجد المجال المغناطيسي الناتج عنه

(dB أو ΔB).

✿ تمكن العالمان الفرنسيان جان بيو وفيليكس سافار من وضع علاقة تجريبية عامة لحساب

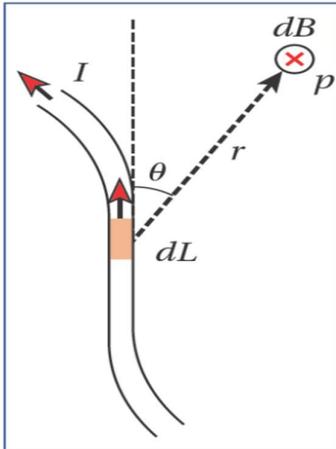
المجال المغناطيسي (dB أو ΔB) عند النقطة (p) الناتج عن مقطع صغير من الموصل

(dL أو ΔL)، وذلك كما يلي:

قانون بيو - سافار:

سؤال مهم عن عوامل
المجال المغناطيسي الناتج
عن قطعة صغيرة من موصل
عشوائي: انظر صفحة: 64

$$dB_p = \frac{\mu_0 I dL \sin \theta}{4\pi r^2}$$



• حيث (dB_p): مقدار المجال المغناطيسي الناتجة عن

قطعة صغيرة من الموصل.

• ($d\vec{L}$): طول قطعة صغيرة من الموصل.

• (I): التيار الكهربائي الثابت المار في الموصل.

• (r): مقدار الإزاحة الممتدة من المقطع الصغير

($d\vec{L}$) إلى النقطة المطلوبة p .

• (θ): الزاوية المحصورة بين اتجاه ($d\vec{L}$) واتجاه (\vec{r}).

✿ يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي ($d\vec{B}$) عند أي نقطة

باستخدام قاعدة اليد اليمنى

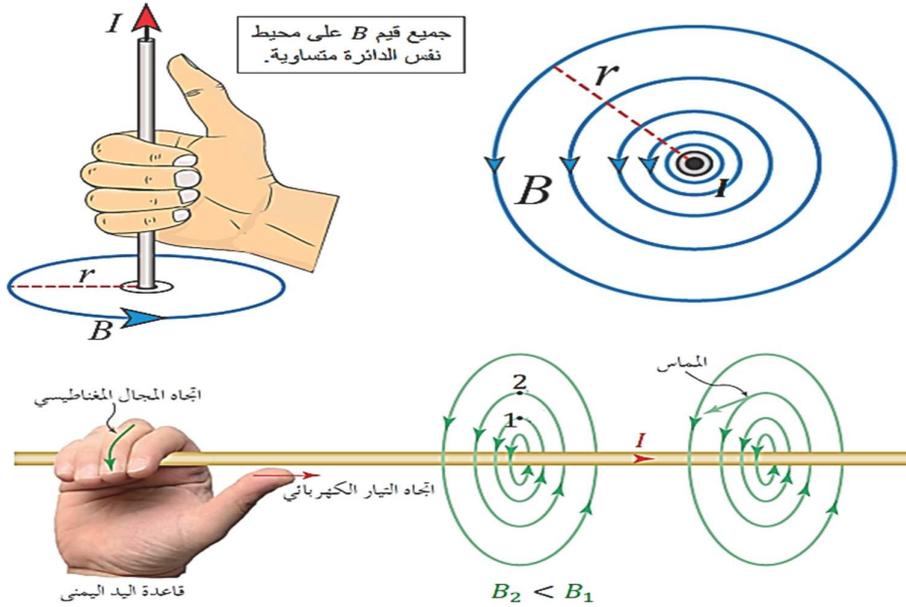
✿ لحساب المجال المغناطيسي الناتج عن التيارات، يجب معرفة 3 أشياء لكل شكل:

شكل المجال - اتجاه المجال - حساب المجال

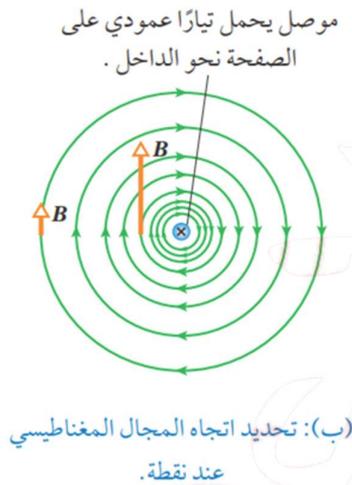
2- المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل مستقيم لا نهائي الطول:

- 1- **شكله:** يكون المجال المغناطيسي حول الموصل المستقيم على شكل حلقات مغلقة متحدة في المركز مع السلك نفسه، ومركزها هو السلك نفسه، ويكون الموصل عمودي على مستوى حلقات المجال المغناطيسي.
- وتتباعد عن بعضها البعض كلما زادت المسافة r مع الموصل، مما يعني نقصان قيمة المجال المغناطيسي:

- ✓ تتباعد حلقات (خطوط) المجال المغناطيسي دائماً تدل على نقصان مقداره.
- ✓ تقارب حلقات (خطوط) المجال المغناطيسي دائماً تدل على زيادة مقداره.



لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة بالقرب من الموصل برسم مماس على خط المجال عند تلك النقطة .

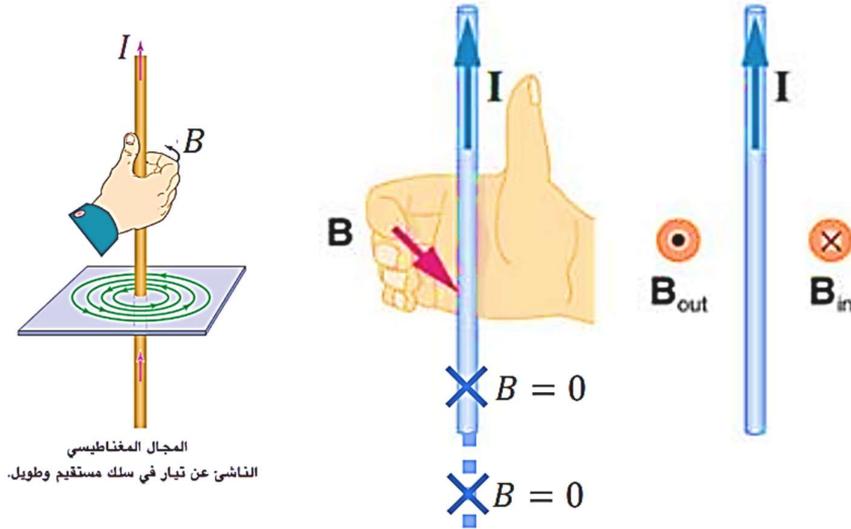


2- **اتجاهه:** يتم تحديد **اتجاه المجال المغناطيسي** الناتج عن الموصل المستقيم باستخدام قاعدة اليد اليمنى، حيث نمد الإبهام باتجاه التيار في الموصل المستقيم، فيكون اتجاه دوران الأصابع الأربعة هو اتجاه المجال المغناطيسي.

✓ لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة محددة على جانبي الموصل، نمد الإبهام باتجاه التيار، ونمد الأصابع الأربعة باتجاه النقطة المطلوبة، فيكون باطن الكف باتجاه المجال المغناطيسي.

✓ ويمكن إيجاد ذلك بطريقة مختصرة كما يلي: نتخيل أننا نحن نتحرك مع اتجاه التيار، فيكون:

- اتجاه المجال المغناطيسي على يميننا (يمين التيار): داخل الورقة (\otimes).
- اتجاه المجال المغناطيسي على يسارنا (يسار التيار): خارج الورقة (\odot).



المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك مستقيم وطويل.

3- **حسابه:** لحساب المجال المغناطيسي عند نقطة على أحد جانبي الموصل المستقيم الذي يمر به تيار (I) وبالقرب منه، تبعد عنه مسافة (r)، نستخدم العلاقة التالية:

يمكن اشتقاق وحدة النفاذية المغناطيسية (μ) من هذا القانون:

$$[\mu] = \frac{[2\pi r B]}{[I]}$$

$$[\mu] = T \cdot m/A$$

$$B_{\text{مستقيم}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

يمكن تخيل أن هذا القانون هو ناتج حساب المجال المغناطيسي لقطع صغيرة من الأسلاك حسب قانون (بيو-سافار)؛ ثم نجري حساب التكامل لنجد المجال عن الموصل كاملاً.

✿ تكون قيمة (B) التي نحسبها من هذا القانون متساوية عند أي نقطة على محيط الدائرة التي تمثل المجال المغناطيسي والتي نصف قطرها (r) .

✿ يكون المجال المغناطيسي على جسم الموصل المستقيم الرفيع نفسه أو على امتداده = صفرًا، ويمكن اثبات ذلك من قانون (بيو - سافار) بتعويض قيمة $(\theta = 0, 180)$ فيكون $(\sin \theta = 0)$ ؛ وبالتالي: $(B = 0 T)$.

س ما هي العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي (B) الناتج عن موصل مستقيم طويل يمر به تيار كهربائي؟

ج يعتمد المجال المغناطيسي لموصل مستقيم على ثلاثة عوامل هي:

① نوع الوسط المحيط بالموصل (μ_0) . [طرديا]

② التيار الكهربائي (I) . [طرديا]

③ البعد بين الموصل والنقطة المطلوبة (r) . [عكسيًا]

✓ **أتحقق:** أصفُ شكل خطوط المجال المغناطيسي حول موصل مستقيم لا نهائي الطول يحمل تيارًا كهربائيًا، وأبين كيف أحدد اتجاهه عند نقطة.

ج تشكل خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول الموصل، تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن الموصل.

ج ويمكن تحديد اتجاه المجال عند أي نقطة فيه برسم مماس لخط المجال عند تلك النقطة

س **الفكرة الرئيسية:** أذكرُ العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن مقطع صغير من موصل يحمل تيارًا كهربائيًا، عند نقطة بالقرب من هذا الموصل.

$$dB = \frac{\mu_0 IdL \sin \theta}{4\pi d^2}$$

ج يعتمد مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من موصل يحمل تيارًا كهربائيًا على:

① النفاذية المغناطيسية للوسط.

② مقدار التيار.

③ طول المقطع المؤثر من الموصل.

④ جيب الزاوية بين متجه طول المقطع ومتجه بعد النقطة.

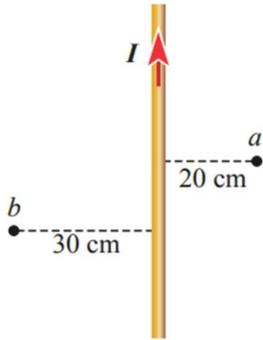
⑤ مربع المسافة بين النقطة والمقطع.

س **أستنتج:** يتحرك إلكترون في الفضاء في خط مستقيم؛ ما المجالات الناشئة عنه؟

ج ينشأ في الحيز المحيط بالإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي.

الأسئلة:

المثال 8



سلك مستقيم لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره $(3 A)$ ، معتمداً على الشكل (21)؛ أجد:

- أ- مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (a) ، وأحدّد اتجاهه.
ب- مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (b) ، وأحدّد اتجاهه.

$$3 \times 10^{-6} T, -z$$

$$2 \times 10^{-6} T, +z$$

1. **أحسب:** موصل مستقيم لا نهائي الطول موضوع على سطح أفقي يحمل تياراً كهربائياً $(50 A)$ يتجه من الشمال إلى الجنوب؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على السطح تبعد $(2.5 m)$ إلى الشرق من السلك، وأحدّد اتجاهه.

$$4 \times 10^{-6} T, +z$$

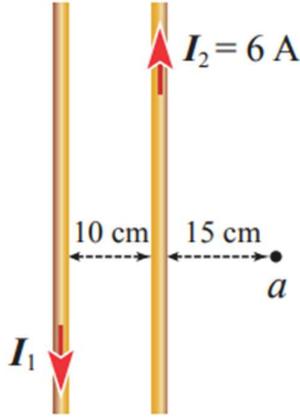
2. **أحسب:** خط علوي أفقي ناقل للكهرباء يرتفع عن سطح الأرض $(10 m)$ ، ويحمل تياراً كهربائياً $(90 A)$ باتجاه الشرق. أحسب مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن الخط الناقل وأحدّد اتجاهه في نقطتين تحت الخط الناقل:
أ- النقطة الأولى على بعد $(1.5 m)$ منه.
ب- النقطة الثانية على سطح الأرض.

$$12 \times 10^{-6} T, \text{الشمال}$$

$$1.8 \times 10^{-6} T, \text{الشمال}$$

نقطة انعدام المجال المغناطيسي بين سلكين مستقيمين لانهائيين الطول

المثال 9



سلكان مستقيمان لا نهائيًا الطول ومتوازيان يحملان تيارين كهربائيين متعاكسين كما في الشكل (23). أجد مقدار التيار (I_1) الذي يجعل المجال المغناطيسي المُحطّل عند النقطة (a) يساوي صفرًا.

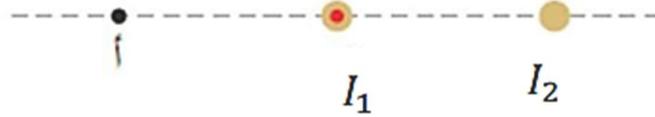
10 A

3. موصلان مستقيمان متوازيان لانهايا الطول، المسافة بينهما (30 cm)، يحمل أحدهما تيارًا كهربائيًا يساوي ثلاثة أمثال التيار الذي يحمله الموصل الثاني. أجد نقطة على الخط العمودي الواصل بينهما؛ ينعدم عندها المجال المغناطيسي عندما يكون التياران بالاتجاه نفسه.

$$r_1 = 7.5\text{ cm}$$

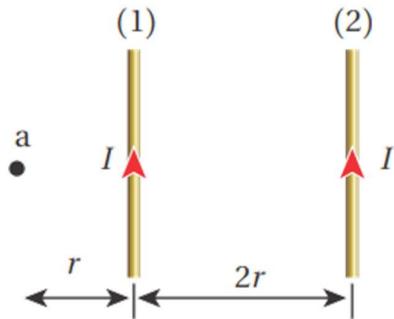
$$r_2 = 22.5\text{ cm}$$

4. في الشكل (٥-٣٠)، إذا انعدم المجال المغناطيسي عند النقطة (أ)، أجب عما يأتي :
- أ- جد اتجاه التيار I_2 ؟
- ب- أيهما أكبر مقدارًا التيار I_1 أم I_2 ؟ فسر إجابتك.



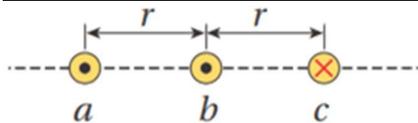
-z
 I_2

5. موصلان مستقيمان لا نهائيا الطول متوازيان والبعد بينهما (4.0 cm) يمر فيهما تياران كهربائيان متعاكسان مقداريهما ($I_1 = 6.4 A, I_2 = 3.2 A$). مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند نقطة في منتصف المسافة بينهما بوحدة (T) يساوي:
- أ- 9.6×10^{-5} ب- 2.0×10^{-5} ج- 9.6×10^{-7} د- 3.2×10^{-7}

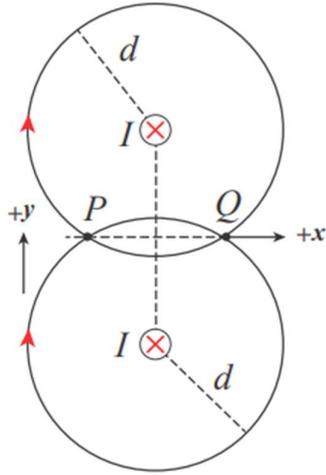


6. يبين الشكل موصلان متوازيان لا نهائيا الطول يمر فيهما تياران متساويان، إذا كان (B) يمثل مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن الموصل (1) عند النقطة (a) فإن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة نفسها بدلالة (B) يساوي:

- أ- $\frac{2}{3} B$ ب- $\frac{3}{2} B$ ج- $\frac{4}{3} B$ د- $2 B$



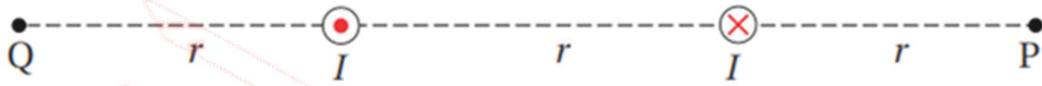
7. **أستنتج:** ثلاثة أسلاك مستقيمة لا نهائية الطول، يسري فيها تيارات كهربائية متساوية بالاتجاهات المبينة في الشكل، والبعد بين الأسلاك متساوي. أرتب الأسلاك تنازليا حسب مقدار القوة المغناطيسية المحصلة لكل وحدة طول المؤثرة في كل سلك.



8. سلكان مستقيمان متوازيان لانهايا الطول؛ يحملان تيارين متساويين وباتجاه $(-z)$ داخل الصفحة؛ النقطتان (P, Q) تبعدان عن السلكين مسافات متساوية، كما في الشكل. كيف يكون اتجاه المجال المغناطيسي المُحصّل عند النقطتين (P, Q) ؟

- ا- عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(+y)$.
- ب- عند (P) باتجاه $(-x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.
- ج- عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-x)$.
- د- عند (P) باتجاه $(+y)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.

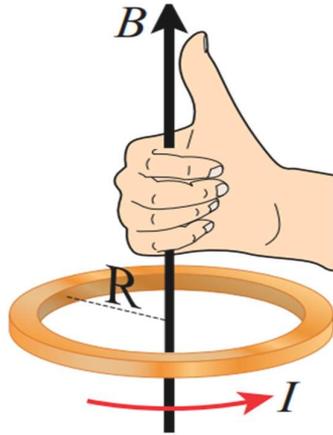
9. موصلان متوازيان يمر فيهما تياران متساويان وبالاتجاهات المبينة في الشكل، عند مقارنة المجال المغناطيسي المحصل عند النقطتين (P) و (Q) من حيث المقدار والاتجاه نجد أن:



- ا- $(B_P) = (B_Q)$ ، وبالاتجاه نفسه.
- ب- $(B_P) = (B_Q)$ ، وباتجاهين متعاكسين.
- ج- $(B_P) \neq (B_Q)$ ، وبالاتجاه نفسه.
- د- $(B_P) \neq (B_Q)$ ، وباتجاهين متعاكسين.

3- المجال المغناطيسي الناشئ عن حلقة دائرية:

عند تشكيل سلك على صورة ملف دائري نصف قطره (R) يتكون من عدة لفة وسريان تيار كهربائي فيه (I) يتولد الملف مجال مغناطيسي.



1- شكله: يكون المجال المغناطيسي في مركز حلقة دائرية على شكل خط مستقيم عمودي على مستوى الدائرة.

2- اتجاهه: يتم تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن تيار حلقة دائرية وفي مركزها باستخدام قاعدة اليد اليمنى، حيث تدور الأصابع الأربعة مع اتجاه التيار الكهربائي، فيكون الإبهام الممدود باتجاه المجال المغناطيسي في المركز.

✓ يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي بطرف سريعة وبدون استخدام اليد اليمنى، كما يلي:

ملاحظات	اتجاه المجال المغناطيسي الناتج (\vec{B})	اتجاه التيار (I)
مثل عزم الدوران	$-z$	مع عقارب الساعة
	$+z$	عكس عقارب الساعة
التيار على محور y تعاكس إشارة (B) و (I)	$-x$	$+y$
	$+x$	$-y$
التيار على محور x تماثل إشارة (B) و (I)	$+y$	$+x$
	$-y$	$-x$

3- حسابه: لحساب المجال المغناطيسي في مركز حلقة دائرية يمر بها تيار (I) ونصف قطرها (R)، ومكونة من عدد من اللفات (N)، نستخدم العلاقة التالية:

$$B_{\text{دائري}} = \frac{\mu_0 IN}{2R}$$

حيث ان:

B : المجال المغناطيسي.

I : التيار الكهربائي.

R : نصف القطر.

N : عدد اللفات.

يمكن تخيل أن هذا القانون هو ناتج حساب المجال المغناطيسي لقطع صغيرة من الحلقة حسب قانون (بيو- سافار)؛ ثم نجري حساب التكامل لنجد المجال عن الحلقة الدائرية كاملةً.

سـ أقرن: أبين العوامل التي يعتمد عليها المجال

المغناطيسي في مركز ملف دائري؟

ج يعتمد المجال المغناطيسي في مركز ملف دائري

على أربعة عوامل هي:

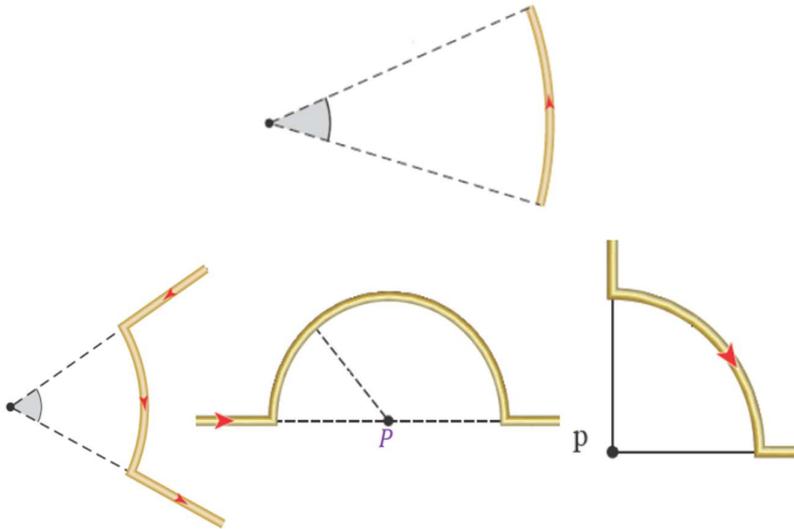
- ① نوع الوسط المحيط بالملف (μ_0). [طردياً]
- ② التيار الكهربائي (I). [طردياً]
- ③ عدد لفات الملف (N). [طردياً]
- ④ نصف قطر الملف الدائري (الحلقة) (R). [عكسياً]

بالنسبة لعدد اللفات (N)، فهناك ثلاث احتمالات:

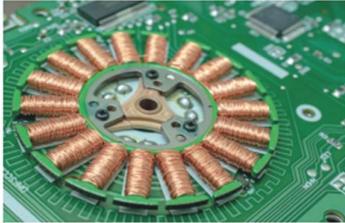
- ① أن يكون عدد اللفات معطى في السؤال، وعندها نعوضه كما هو.
- ② ألا يذكر عدد اللفات في السؤال، وهنا نعتبر أن ($N = 1$) علماً بأن الحلقة كاملة.
- ③ أن يكون الملف مكون من جزء من لفة دائرية، وعندها تحسب (N) من العلاقة:

$$N = \frac{\theta}{360^\circ}$$

حيث θ : هي الزاوية المركزية التي تقابل القوس بالدرجات.



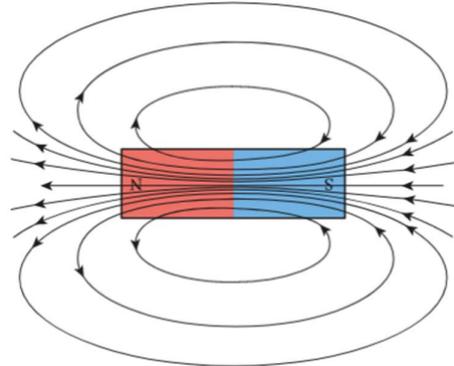
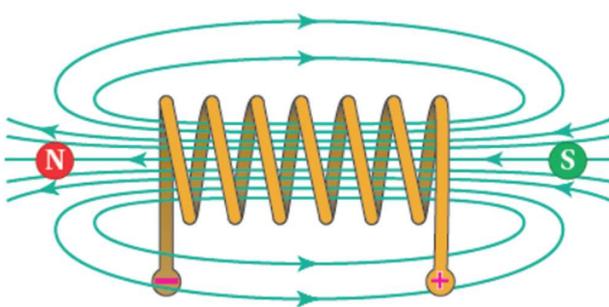
الربط بالحياة



تستخدم الملفات في صناعة المغناطيس الكهربائية، وفي العديد من الأجهزة مثل المحرك الكهربائي، والمحول الكهربائي، وفي الدارات الإلكترونية. حيث تحتوي هذه الأجهزة على ملفات تتكون من عدد كبير من اللفات المترصة، بحيث يمكن اعتبار كل لفة وكأنها ملف دائري.

4- المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف لولبي (Solenoid):

✿ الملف اللولبي هو سلك موصل ملفوف في حلقات دائرية مترصة معزولة عن بعضها بعضاً، ويأخذ الملف اللولبي شكلاً اسطوانياً. يشبه المجال المغناطيسي الناتج عن ملف لولبي؛ المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم.



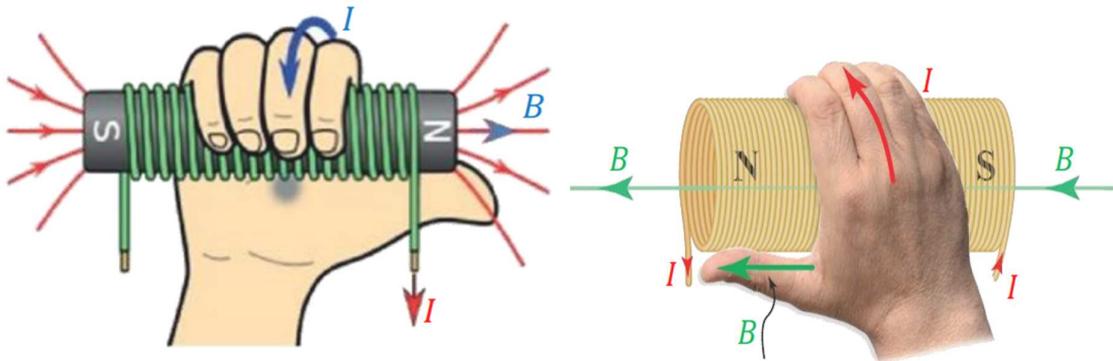
1- **شكله:** داخل الملف اللولبي وبعيداً عن الأطراف تكون خطوط المجال المغناطيسي متوازية وبالالاتجاه نفسه بحيث تشكل **مجالاً مغناطيسياً منتظماً** ينطبق على محور الملف، بشرط أن تكون حلقات الملف اللولبي مترصة وطوله أكبر بكثير من قطره.

✿ يشبه المجال المغناطيسي الناتج عن ملف لولبي؛ المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم.

✓ **أتحقق:** ما صفات الملف اللولبي التي تجعل المجال المغناطيسي داخله منتظماً؟

ج عندما تكون حلقات الملف اللولبي مترابطة، وطوله أكبر بكثير من قطره، فإن المجال المغناطيسي داخله وبعيداً عن طرفيه يكون منتظماً.

2- **اتجاهه:** يتم تحديد **اتجاه المجال المغناطيسي** داخل الملف اللولبي وفي **منتصفه** باستخدام قاعدة اليد اليمنى، حيث تدور الأصابع الأربعة مع اتجاه التيار الكهربائي في الحلقات الدائرية، فيكون الإبهام الممدود باتجاه المجال المغناطيسي فيه.



✓ يتشكل بفعل المجال المغناطيسي قطبين على أطراف الملف اللولبي، مثل المغناطيس المستقيم، بحيث يتكون قطباً شمالاً عند خروج المجال من الملف، وقطباً جنوبياً عند دخول المجال إلى الملف.

✓ يكون اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي مثل المغناطيس المستقيم؛ من القطب الجنوبي إلى الشمالي، وخارج الملف اللولبي من الشمالي إلى الجنوبي.

✓ يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي بطرق سريعة وبدون استخدام اليد اليمنى، كما يلي:

ملاحظات	اتجاه المجال المغناطيسي الناتج (\vec{B})	اتجاه التيار (I)
مثل عزم الدوران	$-z$	مع عقارب الساعة
	$+z$	عكس عقارب الساعة
التيار على محور y تعاكس إشارة (I) و (B)	$-x$	$+y$
	$+x$	$-y$
التيار على محور x تماثل إشارة (I) و (B)	$+y$	$+x$
	$-y$	$-x$

3- **حسابه:** لحساب المجال المغناطيسي بعيداً عن الأطراف في منتصف الملف اللولبي الذي يمر به تيار (I) وطوله (l)، ومكون من لفات عددها (N)، نستخدم العلاقة التالية:

$$B_{\text{لولبي}} = \frac{\mu_0 IN}{l}$$

✿ بالنسبة لعدد اللفات، فإن (N) تمثل عدد اللفات الكلي للملف اللولبي. ويمكن إيجاد عدد اللفات في وحدة الأطوال (n) حيث:

$$n = \frac{N}{l}$$

وتقاس (n) بوحدة: (لفة/م)

✿ اعتماداً على عدد اللفات في وحدة الأطوال، يمكن حساب المجال المغناطيسي في مركز الملف اللولبي من العلاقة التالية:

$$B_{\text{لولبي}} = \mu_0 In$$

سـ أقرن: أبين العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي داخل ملف لولبي؟

ج يعتمد المجال المغناطيسي داخل ملف لولبي بعيداً عن أطرافه على أربعة عوامل هي:

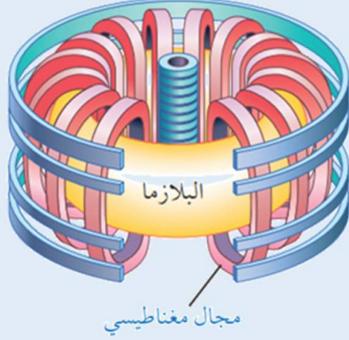
- ① نوع الوسط المحيط بالملف (μ_0). [طردياً]
- ② التيار الكهربائي (I). [طردياً]
- ③ عدد لفات الملف (N). [طردياً]
- ④ طول الملف اللولبي (l). [عكسياً]

افكر

معتمداً على العلاقة الرياضية الخاصة بالمجال المغناطيسي داخل ملف لولبي يسري فيه تيار كهربائي؛ أبين أثر كل مما يأتي في مقدار المجال المغناطيسي داخله:

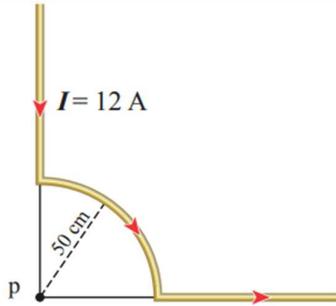
- مضاعفة عدد اللفات فقط.
- مضاعفة طول الملف فقط.
- مضاعفة عدد اللفات وطول الملف معاً.

الربط مع التكنولوجيا



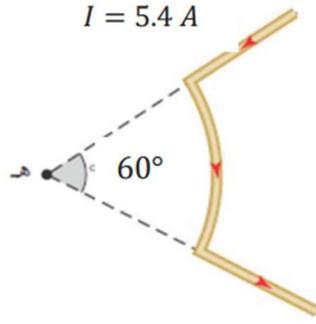
حدوث تفاعل الاندماج النووي يتطلب تحويل الوقود النووي إلى مادة متأينة تسمى البلازما؛ تتكون من الكترولونات سالبة الشحنة وأيونات موجبة ذات درجة حرارة مرتفعة جدا تتجاوز قيمتها عدة ملايين درجة سلسيوس. لا يمكن احتواء البلازما داخل أي جسم مادي لأن درجة حرارتها المرتفعة جدا ستؤدي إلى انصهار الجسم. لأن البلازما تتكون من جسيمات مشحونة متحركة؛ فإنه يمكن التأثير فيها بقوة مغناطيسية باستخدام مجال مغناطيسي يعمل على احتوائها في حيز محدد داخل مفاعل الاندماج النووي كما في الشكل.

المثال 10



يتكوّن سلك من جزء يشكّل ربع دائرة نصف قطرها $R = 0.5 \text{ m}$ ، وجزأين مستقيمين لا نهائيي الطول، كما في الشكل (26). أحسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (P) وأحدّد اتجاهه.

$$3.8 \times 10^{-6} \text{ T}, -z$$



1. يمثل الشكل موصلًا نصف قطر الجزء الدائري منه 9 cm ، اعتمادًا على البيانات المثبتة في الشكل جد المجال المغناطيسي مقدارًا واتجاهًا عند النقطة (ه).

$$2\pi \times 10^{-6} T, -z$$

2. **أحسب:** ملفًا دائري من سلك نحاسي عدد لفاته (100)، نصف قطر كل منها (8.0 cm)، ويحمل تيارًا كهربائيًا (0.4 A). أحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف.

$$3.14 \times 10^{-4} T$$

3. ملفًا دائري من سلك نحاسي عدد لفاته (80)، نصف قطر كل منها (10 cm)، ويحمل تيارًا كهربائيًا (5 A). أحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف.

$$2.5 \times 10^{-3} T$$

4. ملفّ لولبي طوله (0.5 m) يحتوي على (500) لفّة؛ أحسب مقدار المجال المغناطيسي داخله إذا كان يحمل تيارًا كهربائيًا (11 A).

$$1.38 \times 10^{-2} T$$

المثال 12

ملفّ لولبي يتكوّن من عدد لفات بمعدل (1400) في كلّ متر من طوله. إذا نشأ داخله مجال مغناطيسي مقداره ($1.4 \times 10^{-2} T$) فما مقدار التيار الكهربائي المار فيه؟

$$796 \times 10^{-2} A$$

تمرين

أحسب عدد اللفات في ملفّ لولبي طوله ($3\pi cm$) يوّد بداخله مجالًا مغناطيسيًا مقداره ($2 \times 10^{-3} T$) عند مرور تيار (1.5 A) فيه.

100

5. كيف سيتأثر المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة تقع على محور الملف اللولبي وبعيدًا عن طرفيه في الحالات الآتية:

أ- زيادة قطر كل لفة إلى ضعف ما كان عليه.

ب- تغيير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديدًا.

ج- مضاعفة طول الملف اللولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضًا.

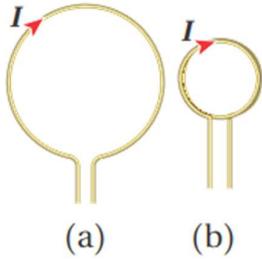
لا يتغير

يزداد

لا يتغير

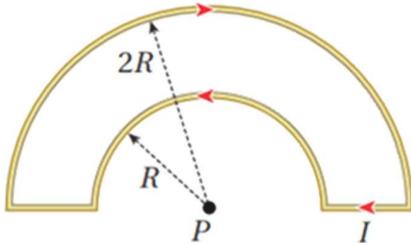
6. أحسب: ملف لولبي طوله (0.6 m) ، يحتوي على (400) لفّة مترابطة جيّداً. إذا مر فيه تيار كهربائي (8 A) ، أجد مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف عند نقطة تقع على محوره.

$$6.7 \times 10^{-3} \text{ T}$$



7. أستنتج: بين الشكل سلكا يحمل تياراً (I) . في الشكل (a) لف السلك على شكل ملف دائري يتكون من لفّة واحدة. وفي الشكل (b) أعيد تشكيل السلك على شكل ملف يتكون من لفتين، قطر كل منها $\left(\frac{1}{2}\right)$ قطر اللفّة في الشكل (a) . أجد النسبة $\left(\frac{B_b}{B_a}\right)$ ؛ حيث (B_b) و (B_a) المجالين المغناطيسيين في مركزي الملفين.

8. بين الشكل سلكاً يسري فيه تيار كهربائي (I) . معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل فإن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P) مقداراً واتجهاً:

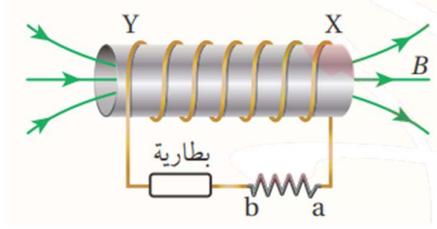


أ- $\frac{1}{8} \frac{\mu_0 I}{R}$ باتجاه $(+Z)$.

ب- $\frac{1}{8} \frac{\mu_0 I}{R}$ باتجاه $(-Z)$.

ج- $\frac{3}{8} \frac{\mu_0 I}{R}$ باتجاه $(+Z)$.

د- $\frac{3}{8} \frac{\mu_0 I}{R}$ باتجاه $(-Z)$.

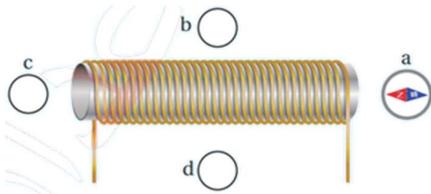


9. دائرة تتكون من ملفّ لولبي وبطارية ومقاومة. في أثناء مرور التيار الكهربائي في الدائرة يتولّد داخل الملف مجال مغناطيسي (B)، فإنّ طرف الملفّ الذي يصبح قطبًا مغناطيسيًا شماليًا، واتجاه التيار الكهربائي المار في المقاومة على الترتيب:

- أ- (X) ، من (b) إلى (a) .
 ب- (Y) ، من (b) إلى (a) .
 ج- (X) ، من (a) إلى (b) .
 د- (Y) ، من (a) إلى (b) .

10. ملف لولبي طوله (l) ويمر فيه تيار كهربائي (I)، ومقدار المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة داخله يساوي (B)، إذا أصبح التيار المار فيه ($2I$) وطول الملف ($2l$) مع بقاء عدد لفاته ثابت فإن مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة نفسها:

- أ- $0.25 B$
 ب- $0.5 B$
 ج- B
 د- $2 B$



الشكل (29): المجال المغناطيسي حول ملف لولبي يحمل تيارًا.

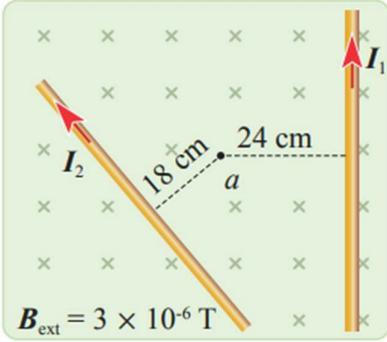
تمهين

أستنتج: أربع بوصلات وضعت بالقرب من ملف لولبي يحمل تيارًا عند النقاط (a, b, c, d) المبينة في الشكل (29)، فأنحرفت إبرة البوصلة الموضوعة عند النقطة (a) بالاتجاه المبين على الشكل.

- أ- أحدد اتجاه التيار المار في الملف، موضحًا كيف توصلت إلى الإجابة.
 ب- أرسم أسهما تحدد اتجاه انحراف إبرة البوصلة عند النقاط (b, c, d).

عليك ان تعلم

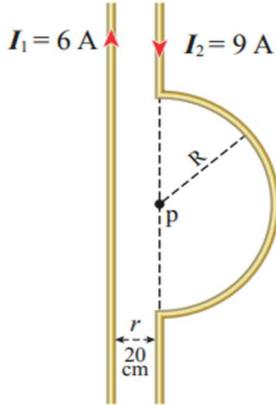
حساب المجال المغناطيسي المحصل



تمرين

معتدداً على الشكل (24)، إذا كان $(I_1 = I_2 = 6 A)$ ؛ أجد مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) ، وأحدّد اتجاهه.

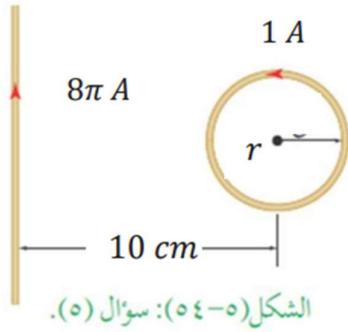
$$4.7 \times 10^{-6} T, -z$$



المثال 11

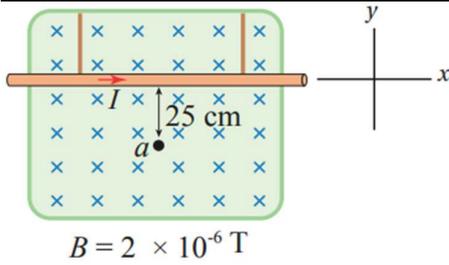
سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول؛ يحتوي أحدهما على نصف حلقة مركزها (P) ، ونصف قطرها $(0.2 \pi m)$ ، كما في الشكل (27). أجد المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P) وأحدّد اتجاهه.

$$10.5 \times 10^{-6} T, -z$$



11. في الشكل (٥-٥٤)، حدد نصف قطر الملف الدائري لكي ينعقد المجال المغناطيسي في مركزه، علماً بأنه يتكون من لفتين اثنتين فقط.

2.5 cm



12. موصل مستقيم لانهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً (4 A)؛ معلّف أفقيًا داخل مجال مغناطيسي كما في الشكل. اعتمادًا على بيانات الشكل؛ أحسب ما يأتي:

- ١- المجال المغناطيسيّ المُحصّل عند النقطة (a).
- ٢- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في 1 متر من الموصل المستقيم.
- ٣- القوة المغناطيسية المُحصّلة المؤثرة في جسيم شحنته موجبة مقدارها ($2 \times 10^{-6} \text{ C}$) لحظة مروره بالنقطة (a) بسرعة ($6 \times 10^4 \text{ m/s}$) باتجاه محور (-y).

$5.2 \times 10^{-6} \text{ T}$
 $8 \times 10^{-6} \text{ T}$
 $6.24 \times 10^{-7} \text{ N}$

أسئلة سنوات سابقة:

1. حلقة دائرية يسري فيها تيار كهربائي ($10 A$)، فينشأ في مركزها مجال مغناطيسي

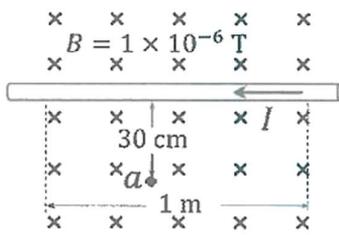
مقداره ($2 \times 10^{-4} T$)، فإن نصف قطر الحلقة بوحدة (cm) يساوي:

- أ- (2π) ب- (π) ج- ($2\pi \times 10^{-2}$) د- ($\pi \times 10^{-2}$)

2. يتضاعف مقدار المجال المغناطيسي مرتين داخل ملف لولبي يسري فيه تيار كهربائي،

عندما يتضاعف مرتين كل من:

- أ- عدد اللفات والتيار وطول الملف ب- التيار وطول الملف
ج- عدد اللفات وطول الملف د- التيار وعدد اللفات



❖ موصل مستقيم لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً

($6 A$)، جزء منه طوله ($1 m$) داخل مجال مغناطيسي

منتظم وعمودي عليه كما في الشكل المجاور. معتمداً

على الشكل، أجب عن الفقرتين (3، 4) الآتيتين:

3. المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) بوحدة (T)،

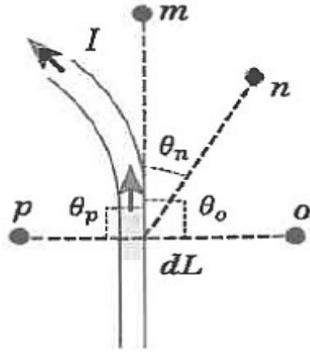
واتجاهه على الترتيب:

- أ- (3×10^{-6}) ، باتجاه ($+z$) ب- (3×10^{-6}) ، باتجاه ($-z$)
ج- (5×10^{-6}) ، باتجاه ($+z$) د- (5×10^{-6}) ، باتجاه ($-z$)

4. القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في الجزء المغمور من السلك

بوحدة (N)، واتجاهها على الترتيب:

- أ- (6×10^{-6}) ، باتجاه ($+y$) ب- (6×10^{-6}) ، باتجاه ($-y$)
ج- (2.4×10^{-5}) ، باتجاه ($+y$) د- (2.4×10^{-5}) ، باتجاه ($-y$)

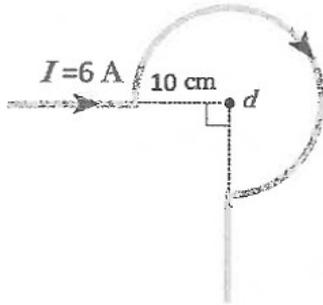


5. يبين الشكل المجاور موصلا يسري فيه تيار كهربائي، والنقاط (m, n, o, p) تقع بالقرب من الموصل، إذا كانت (dL) قطعة من الموصل، فإنّ النقطة التي لا ينشأ عندها مجال مغناطيسي من القطعة (dL) ، هي:

- (m) -أ
 (n) -ب
 (o) -ج
 (p) -د

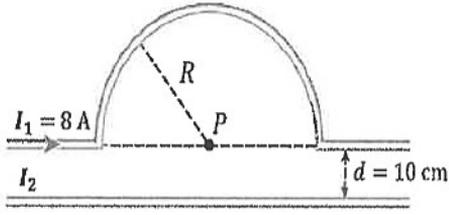
6. ملف لولبي طوله (l) وعدد لفاته (N) ينشأ داخله مجال مغناطيسي (B) عندما يمر فيه تيار كهربائي (I) . إذا قطع الملف من منتصفه إلى قطعتين متماثلتين بحيث أصبح عدد لفات كل قطعة $(\frac{1}{2}N)$ ، ومرّ فيها تيار (I) ، فإنّ المجال المغناطيسي الذي ينشأ داخل القطعة الواحدة بدلالة (B) يساوي:

- (a) $\frac{1}{4} B$
 (b) $\frac{1}{2} B$
 (c) B
 (d) $2 B$



7. يتكون سلك من جزأين مستقيمين لا نهائيي الطول، وجزء دائري مركزه (d) ، كما في الشكل المجاور . معتمداً على الشكل والبيانات عليه، فإنّ مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (d) بوحدة تسلا (T) ، واتجاهه:

(a) (9×10^{-6}) ، باتجاه خارج من الورقة
 (b) (3×10^{-6}) ، باتجاه خارج من الورقة
 (c) $(\pi \times 10^{-6})$ ، باتجاه داخل في الورقة
 (d) $(\pi \times 10^{-6})$ ، باتجاه داخل في الورقة



8. سلكان مستقيمان لانهايا الطول؛ يحتوي أحدهما

على نصف حلقة مركزها (P) ، ونصف قطرها
مقدار $(R = 0.1 \pi \text{ m})$ ، كما في الشكل المجاور. مقدار
التيار (I_2) بوحدة أمبير (A) ، واتجاهه، الذي يجعل
المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P)

يساوي صفرا، هو:

ب- 2، باتجاه $(+x)$

د- 4، باتجاه $(+x)$

أ- 2، باتجاه $(-x)$

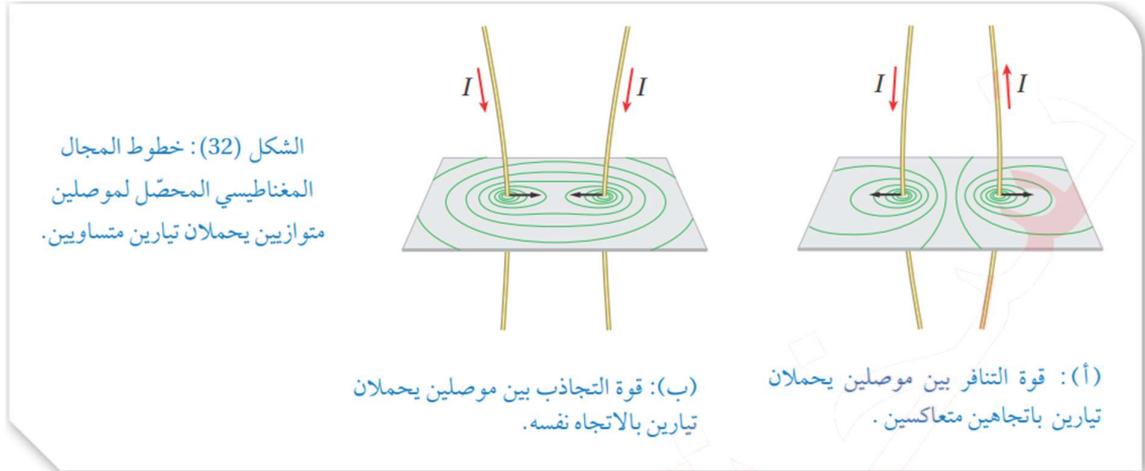
ج- 4، باتجاه $(-x)$

⚡

6. القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين

✿ عند وضع موصلين متوازيين لا نهائيي الطول بجوار بعضهما، يؤثر كل منهما على الآخر بقوة مغناطيسية.

✿ السبب في ذلك، أن كل منهما يولد مجالاً مغناطيسياً في المنطقة المحيطة به، ولأن الموصل الآخر يقع داخل هذا المجال المغناطيسي، فإنه يؤثر عليه بقوة مغناطيسية.



✿ تكون القوة المغناطيسية المتبادلة بين الموصلين:

✓ تجاذب؛ إذا كان التياران بنفس الاتجاه.

✓ تنافر؛ إذا كان التياران متعاكسان.

✿ تعتبر القوة بين الموصلين متبادلة؛ أي أن الأول يؤثر على الثاني بقوة، والثاني يؤثر على

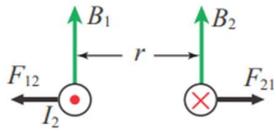
الأول بنفس القوة، لكن باتجاهين متعاكسين. $[F_{12} = F_{21}]$

✿ تحسب القوة المتبادلة بين الموصلين من العلاقة:

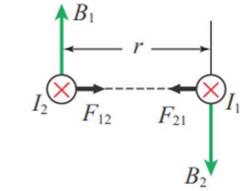
$$F_{12} = F_{21} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r}$$

حيث (L) : الطول المعرض للقوة المغناطيسية، (r) البعد بين الموصلين (F_{12}) : قوة الموصل الأول على الثاني، (F_{21}) : قوة الموصل الثاني على الأول.

✿ تشكل القوة المتبادلة بين الموصلين زوج من القوى حسب قانون نيوتن الثالث، فهما فعل ورد فعل.



(ب): مقطع عرضي في السلكين يبيّن قوة التنافر بينهما.
الشكل (31): القوة المتبادلة بين موصلين متوازيين.



(أ): مقطع عرضي في السلكين يبيّن قوة التجاذب المغناطيسية بينهما.

س ما هي العوامل التي تعتمد عليها

القوى المتبادلة بين موصلين؟

ج تعتمد القوة المتبادلة بين موصلين

على:

✓ نوع الوسط المحيط بالسلكين (طردياً).

✓ مقدار كل من التيارين (طردياً).

✓ الطول المشترك للسلكين (طردياً).

✓ البعد بين السلكين (عكسياً).

✿ إذا طلب في السؤال حساب: القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطوال من الموصل،

فإنها تحسب من العلاقة التالية:

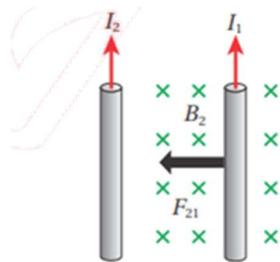
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

وتقاس بوحدة: (N/m).

✿ ينشأ مجال مغناطيسي (B_1) حول الموصل الأيمن الذي يسري فيه تيار (I_1)، في الشكل

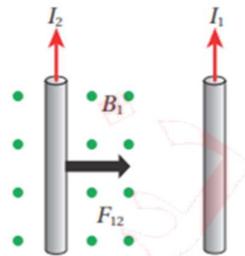
(أ/29)، يُعطى مقداره على مسافة (r) بالعلاقة:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$



(ب): يتأثر الموصل الأول بقوة مغناطيسية (F_{21}) نتيجة وجوده في المجال المغناطيسي (B_2) الناشئ من الموصل الثاني.

الشكل (30): موصلان متوازيان يحملان تيارين بالاتجاه نفسه.



(أ): يتأثر الموصل الثاني بقوة مغناطيسية (F_{12}) نتيجة وجوده في المجال المغناطيسي (B_1) الناشئ من الموصل الأول.

✿ وحيث أنّ الموصل الأيسر يقع في هذا المجال ويتعامد معه، ويمر فيه تيار كهربائي (I_2)؛

فإن جزءاً منه طوله (L) يتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها:

$$F_{12} = B_1 I_2 L$$

بتعويض قيمة (B_1) ؛ أحصل على القوة لكل وحدة أطوال:

$$F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F_{12}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيسر؛ حيث اتجاه (B_1) عنده يكون نحو $(+z)$ ؛ أجد أن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة فيه يكون نحو اليمين $(+x)$. في الشكل (29/ب)؛ ينشأ مجال مغناطيسي (B_2) حول الموصل الأيسر الذي يسري فيه تيار (I_2) يُعطى مقداره على بعد (r) بالعلاقة:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

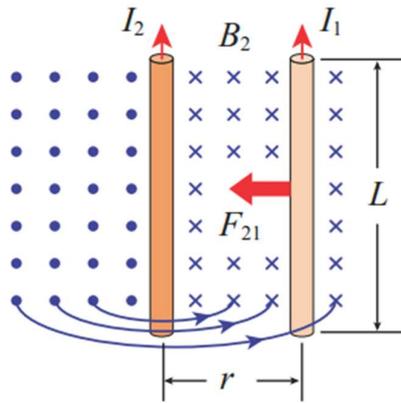
ونتيجةً لوجود الموصل الأيمن الذي يحمل تياراً كهربائياً (I_1) في هذا المجال و تعامده معه؛ فإنّ جزءاً منه طوله (L) يتأثر بقوةً مغناطيسية تُعطى بالعلاقة الآتية:

$$F_{21} = B_2 I_1 L$$

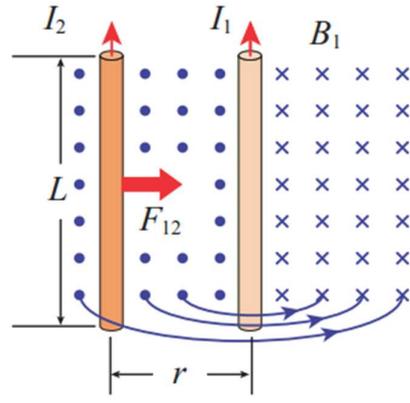
بتعويض قيمة (B_2) ؛ أحصل على القوة لكل وحدة أطوال:

$$F_{21} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r} \rightarrow \frac{F_{21}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الموصل الأيمن؛ حيث يكون (B_2) عنده باتجاه $(-z)$ أجد أنّ اتجاه القوة المؤثرة فيه يكون نحو اليسار $(-x)$.



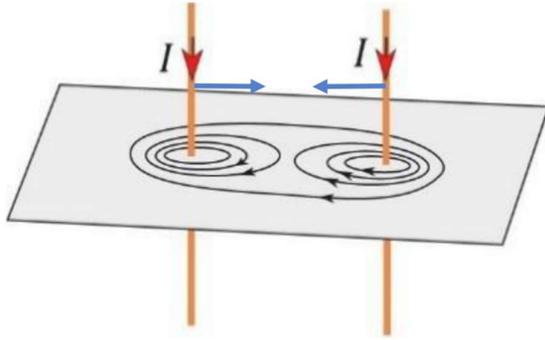
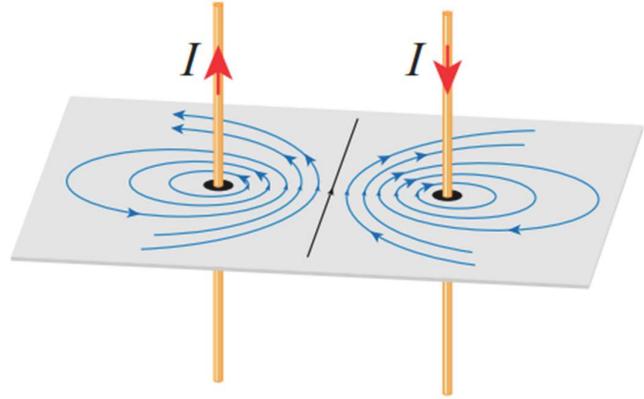
(ب): المجال المغناطيسي (B_2) الناشئ عن (I_2) في الموصل الأيسر لانتهائي الطول.



(أ): المجال المغناطيسي (B_1) الناشئ عن (I_1) في الموصل الأيمن لانتهائي الطول.

إذا وضعت موصلين متوازيين يحمل كل منهما تياراً كهربائياً (I) باتجاهين متعاكسين، ورسمت خطوط المجال المغناطيسي، كما في الشكل (33). تكون خطوط المجال في المنطقة بين الموصلين متقاربة، بينما تكون متباعدة في المناطق الخارجية؛ أستنتج من الشكل أن اتجاه القوة المغناطيسية يؤثر في كلّ من الموصلين لنقله من منطقة المجال المغناطيسي القوي إلى منطقة المجال المغناطيسي الضعيف؛ أي أن الموصلين يتباعداً، وهذا يتفق مع قاعدة اليد اليمنى.

الشكل (33): خطوط المجال المغناطيسي بين موصلين متوازيين يحملان تيارين كهربائيين متساويين المقدار باتجاهين متعاكسين.

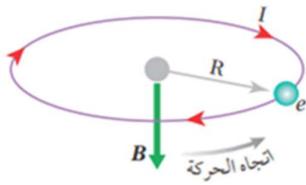


افكر

أرسم شكلاً مُشابهاً للشكل (33) عندما يكون التياران في الموصلين بالاتجاه نفسه، وأبين فيه مناطق المجال القوي والضعيف، وأحدّد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في كل موصل.

يحدث بين السلكين تجاذب بحيث تؤثر القوة المغناطيسية على السلكين لنقلهما من منطقة المجال المغناطيسي القوي خارج السلكين إلى منطقة المجال المغناطيسي الضعيف بين السلكين.

المغناطيسية الطبيعية:

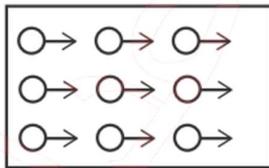


الشكل (34): حركة الإلكترون حول النواة في مسار مغلق، تؤدي إلى نشوء مجال مغناطيسي.

لاحظت في ما سبق أن المجالات المغناطيسية جميعها ناتجة عن حركة الشحنات الكهربائية، لكن؛ كيف يحدث ذلك في حالة المغناطيس الدائم؟

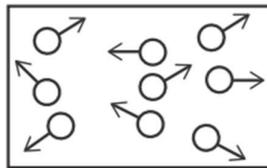
في المغناطيس الدائم توجد شحنات متحركة أيضًا، وهي الإلكترونات التي تدور حول نواة الذرة. ويمكن تصور حركة الإلكترون حول نواة الذرة بأنها تشكل حلقة صغيرة جدًا يسري فيها تيار كهربائي وينتج عنها مجال مغناطيسي. في بعض

المواد تكون المجالات المغناطيسية في اتجاهات مختلفة وبشكل عشوائي؛ بحيث تكون مُحطلة المجال المغناطيسي صفرًا. أما في المواد المغناطيسية الدائمة؛ فإن المجالات المغناطيسية الناشئة عن الإلكترونات المتحركة تؤدي إلى حقول (مناطق) مغناطيسية Magnetic domains ينتج عنها مجال مغناطيسي مُحصل لا يساوي صفرًا؛ ولذلك ينشأ مجال مغناطيسي للمغناطيس الدائم.



(ب)

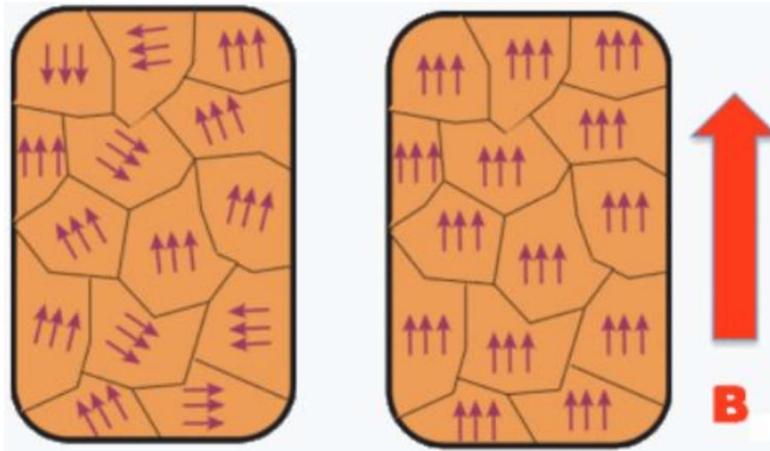
ب. عندما ترتب العزوم المغناطيسية في الاتجاه نفسه، فإن محصلة المجالات المغناطيسية الذرية تؤدي إلى نشوء مجال مغناطيسي.



(أ)

أ. عندما تتوزع العزوم المغناطيسية في الاتجاهات كافة بشكل عشوائي فإن المجالات المغناطيسية الذرية تلغي بعضها.

الشكل (35): يمكن اعتبار المادة وكأنها تتكون من عدد كبير من المغناطيسات الذرية الصغيرة.



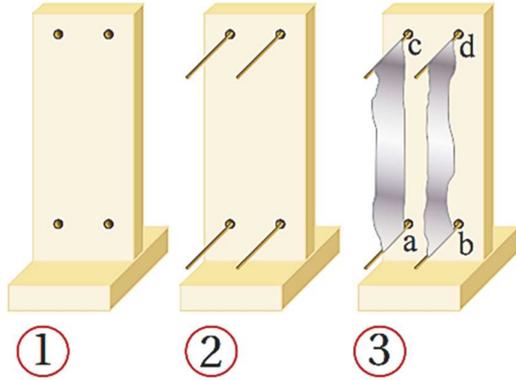
فائدة مهمة لبعض المسائل الحسابية

إذا احتوى السؤال على ثلاثة أسلاك مستقيمة متوازية، وطلب محصلة القوى على أحدها، فإننا نجد القوة المؤثرة على السلك المطلوب من السلكين الآخرين، اتجاهها ثم مقداراً، ثم نجد محصلة هاتين القوتين بحسب اتجاه القوتين المؤثرتين. توضيح ثلاثة أسلاك؛ (3-2-1)، طلب القوة المحصلة على السلك الثاني مثلاً: نجد القوة من الأول على الثاني اتجاهها ثم مقداراً، ومن ثم القوة من الثالث على الثاني اتجاهها ثم مقداراً، ومن ثم نجد محصلة هاتين القوتين بحسب اتجاهاتهما.

التجربة 2

استقصاء القوة المغناطيسية التي يؤثر بها موصل مستقيم يحمل تيارا في موصل

آخر مواز له ويحمل تيارا كهربائيا



المواد والأدوات: مصدر طاقة كهربائية (DC)

منخفض القدرة، أسلاك توصيل، مقاومة متغيرة،

ورق ألمنيوم، أسلاك نحاسية سميكة، قطعنا

خشب أبعادهما $(18 \times 7 \times 2 \text{ cm}^3)$

$(8 \times 7 \times 2 \text{ cm}^3)$ ، جهاز أميتر، مثقب.

إرشادات السلامة: الحذر عند التعامل مع مصدر

الطاقة الكهربائية والتوصيلات.

التحليل والاستنتاج:

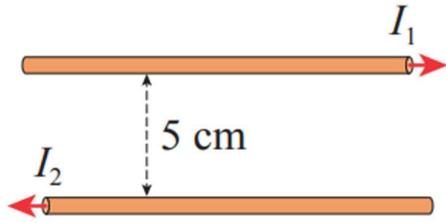
1. أحدد اتجاه التيار في كل شريط ألمنيوم بناءً على طريقة التوصيل.
2. أستنتج اتجاه القوة المغناطيسية التي أثر بها كل من الشريطين في الشريط الآخر.
3. أقرن اتجاه القوة الذي استنتجته من التجربة مع الاتجاه الذي أتوصل إليه بتطبيق قاعدة اليد اليمنى.
4. أستنتج علاقة بين اتجاه التيار في كل من الشريطين ونوع القوة المتبادلة بينهما؛ تجاذب أم تنافر. ثم أبين مقدار التيار ومقدار القوة بين الشريطين.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. عند توصيل النقطتين (a) و (b) معاً مع القطب الموجب، وتوصيل النقطتين (c) و (d) معاً القطب السالب، يسري تياران في شريطي الألمنيوم من الأسفل إلى الأعلى، أي باتجاه واحد. عند توصيل النقطتين (c) و (d) معاً. ثم توصيل النقطة (a) مع القطب الموجب، وتوصيل النقطة (b) مع القطب السالب يسري تياران متعاكسان في شريطي الألمنيوم.
2. في الحالة الأولى (تياران بنفس الاتجاه) تجاذب شريطا الألمنيوم. وفي الحالة الثانية (تياران متعاكسان) تنافر شريطا الألمنيوم.
3. يجب أن تنطبق النتيجة العملية مع الاستنتاج النظري لاتجاه القوى المغناطيسية.
4. عندما يكون التياران بنفس الاتجاه يتجاذب الشريطان، وعندما يكون اتجاه التيارين فيهما متعاكسين يتنافر الشريطان. وبمعرفة مقدار التيار والعوامل الأخرى يمكن حساب مقدار القوة المغناطيسية.

الأسئلة:

المثال 15



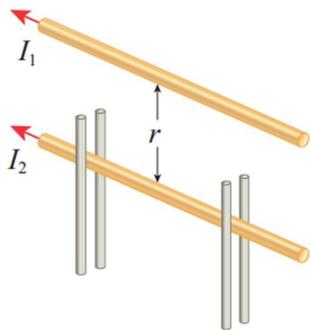
سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول ومتوازيان تفصلهما مسافة (5 cm) يحمل السلك العلوي تيارا كهربائياً (8.0 A) والسفلي (2.0 A)، كما في الشكل (31).
أحسب مقدار القوة المغناطيسية المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، وأحدد نوعها.

تنافر، $6.4 \times 10^{-5} \text{ N/m}$



1. يصل سلكان نحاسيان في السيارة بين البطارية وبداي الحركة (السلف)، عند التشغيل يمر في السلكين تيار (300 A) «مدة قصيرة». ما مقدار القوة المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين، بافتراض أنهما متوازيان والمسافة الفاصلة بينهما (4 cm)؟ وهل تكون هذه القوة تجاذباً أم تنافراً؟

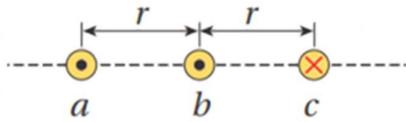
تنافر، 0.45 N



المثال 16

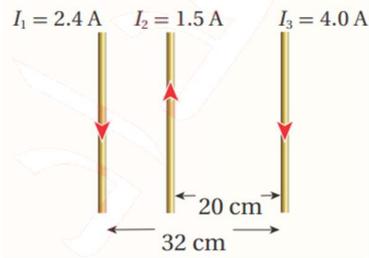
موصلان متوازيان لا نهائيا الطول يحمل كل منهما تياراً كهربائياً (200 A)؛ الموصل العلوي مثبت، والسفلي قابل للحركة رأسياً، كما في الشكل (32). إذا علمت أن كتلة وحدة الأطوال من الموصل السفلي (0.2 g/cm)؛ أجد المسافة (r) التي تجعله متزنًا.

متزن : $F_g = F_{\text{متبادلة}}$
0.04 m



2. أستنتج: ثلاثة أسلاك مستقيمة لا نهائية الطول، يسري فيها تيارات كهربائية متساوية بالاتجاهات الميينة في الشكل، والبعد بين الأسلاك متساوي. أرتب الأسلاك تنازلياً حسب مقدار القوة المغناطيسية المحصلة لكل وحدة طول المؤثرة في كل سلك.

3. بين الشكل ثلاثة أسلاك متوازية لا نهائية الطول، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل



فإن القوة المحصلة المؤثرة في وحدة الأطوال من

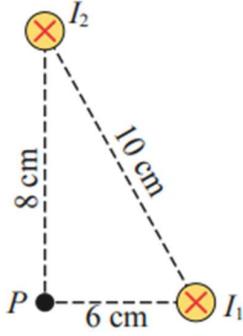
الموصل الذي يسري فيه التيار (I_1) بوحدة (N):

أ- 12×10^{-6} ، باتجاه محور ($+x$).

ب- 6×10^{-6} ، باتجاه محور ($+x$).

ج- 6×10^{-6} ، باتجاه محور ($-x$).

د- 0



4. أحسب: موصلان مستقيمان متوازيان؛ يحمل كل منهما تيارًا كهربائيًا

باتجاه داخل الصفحة، كما في الشكل. إذا كان تيار الأول (12 A)،

وتيار الثاني (40 A). أحسب كلاً من:

أ- القوة التي يؤثر بها الموصل الثاني في وحدة الأطوال من

الموصل الأول مقدارًا واتجاهًا.

ب- المجال المغناطيسي المُحصَّل عند النقطة (P) مقدارًا واتجاهًا.

$$9.6 \times 10^{-4} N$$

تجاذب، باتجاه السلك الثاني

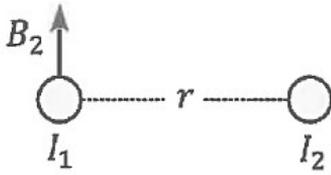
$$10.8 \times 10^{-5} T$$

أسئلة سنوات سابقة:

1. سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيا الطول تفصلهما مسافة (4 cm) ، القوة المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين (0.024 N) ، إذا علمت أن التيار في أحدهما يساوي ثلاثة أمثال التيار في الثاني، فإن قيمتي التيارين بوحدة أمبير (A) :

- ا- $(16, 48)$ ب- $(24, 72)$ ج- $(40, 120)$ د- $(100, 300)$

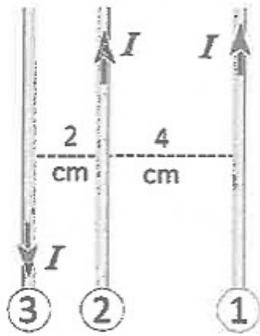
⚡ ⚡



2. في الشكل المجاور سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيا الطول يسري فيهما تياران كهربائيان بينهما قوة تجاذب مغناطيسية، إذا علمت أن السلك الأول (I_1) يقع في المجال المغناطيسي (B_2) الناشئ عن تيار السلك الثاني (I_2) ، فإن اتجاهي التيارين في السلكين:

- ا- (I_1) داخل في الصفحة، (I_2) خارج منها ب- (I_2) داخل في الصفحة، (I_1) خارج منها
ج- (I_2, I_1) داخلان في الصفحة د- (I_2, I_1) خارجان من الصفحة

⚡ ⚡



3. ثلاثة أسلاك مستقيمة لا نهائية الطول، يسري في كل منها تيار كهربائي (I) ، كما هو مبين في الشكل المجاور. إذا كانت القوة المغناطيسية المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين (1) و (3) تساوي (F) ، فإن القوة المغناطيسية المحصلة التي تؤثر في وحدة الأطوال من السلك (2) بدلالة (F) تساوي:

- ا- $(4.5 F)$ باتجاه اليمين ب- $(3 F)$ باتجاه اليسار
ج- $(1.5 F)$ باتجاه اليسار د- $(6 F)$ باتجاه اليمين

⚡ ⚡

الدرس الثالث: الحث الكهرومغناطيسي

7. التدفق المغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي

(Magnetic Flux and Electromagnetic Induction)

① التدفق المغناطيسي:

✿ لتوليد التيار الكهربائي فإننا نحتاج إلى دائرة مغلقة تحتوي على بطارية (قوة دافعة كهربائية).

✿ يمكن توليد التيار الكهربائي بدون بطارية باستخدام المجال المغناطيسي بعملية تسمى

الحث الكهرومغناطيسي

✿ يمتاز التيار الكهربائي الناتج عن بطارية بأنه صغير يكفي لإضاءة مصباح، فيما يكون التيار الكهربائي الناتج عن عملية الحث الكهرومغناطيسي كبيراً يكفي للإضاءة مصابيح الشوارع أو مدينة بأكملها.

✿ لفهم عملية الحث الكهرومغناطيسي، لا بد أولاً من التعرف على ما يسمى بـ: التدفق المغناطيسي.

✿ يمكن فهم التدفق المغناطيسي على أنه عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطحاً ما عمودياً عليه.

✿ وللتسهيل: التدفق هو الاختراق، فإذا كانت خطوط المجال المغناطيسي تخترق السطح فهناك تدفق مغناطيسي، وإذا كانت خطوط المجال المغناطيسي لا تخترق السطح (موازية له) فليس هناك تدفق مغناطيسي.

التدفق المغناطيسي

رمزه (Φ_B) يقاس بوحدة ويبر (Wb)

كمية قياسية

هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطح ما

أو هو حاصل الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي (\vec{B}) في متجه المساحة (\vec{A})

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$\Phi_B = BA \cos \theta$$

سـ ما الوحدة التي تكافئ الويبر (Wb) ؟

$$T \cdot m^2 \text{ -} \leftarrow$$

$$T \cdot m \text{ -} \uparrow$$

$$T/m^2 \text{ -} \leftarrow$$

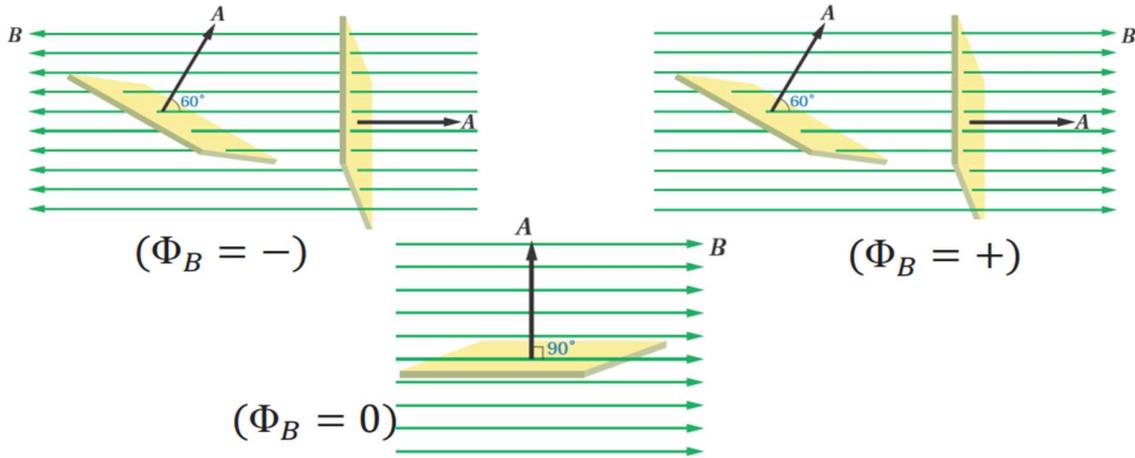
$$T/m \text{ -} \leftarrow$$

حيث

تقاس Φ_B : التدفق المغناطيسي $\rightarrow Wb$ $B \rightarrow T$: المجال المغناطيسي $A \rightarrow m^2$: مساحة السطح θ : الزاوية بين متجه \vec{A} و \vec{B}

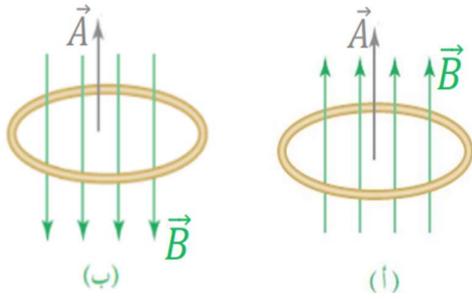
يمكن ان يكون التدفق (Φ_B)

صفرًا	سالبًا	موجبًا
<p>هذا يعني أن خطوط المجال المغناطيسي لا تخترق السطح وذلك عندما تكون $\theta = 90^\circ$ هنا تكون خطوط المجال عمودية على متجه المساحة او تكون خطوط المجال موازية لمستوى السطح</p>	<p>هذا يعني انه خطوط المجال المغناطيسي داخله إلى السطح وذلك عندما تكون $90 < \theta \leq 180$ اي ان زاوية منفرجة او $\theta = 180$ هنا تكون خطوط المجال معاكسة لمتجه المساحة</p>	<p>هذا يعني ان خطوط المجال المغناطيسي خارجة من السطح وذلك عندما تكون $0 \leq \theta < 90$ اي ان زاوية حادة او $\theta = 0$ هنا تكون خطوط المجال موازية لمتجه المساحة او تكون خطوط المجال عمودية على مستوى السطح</p>



س ما هي العوامل التي يعتمد عليها التدفق المغناطيسي؟

- ج عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق السطح أو مقدار المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح (B) [طرديا]
- ج مقدار مساحة السطح (A) [طرديا]
- ج الزاوية ($\cos \theta$) المحصورة بين اتجاه المجال المغناطيسي (\vec{B}) و متجه المساحة (\vec{A})؛ أي (θ_{BA}) [طرديا].



✿ يكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن عندما: (max)

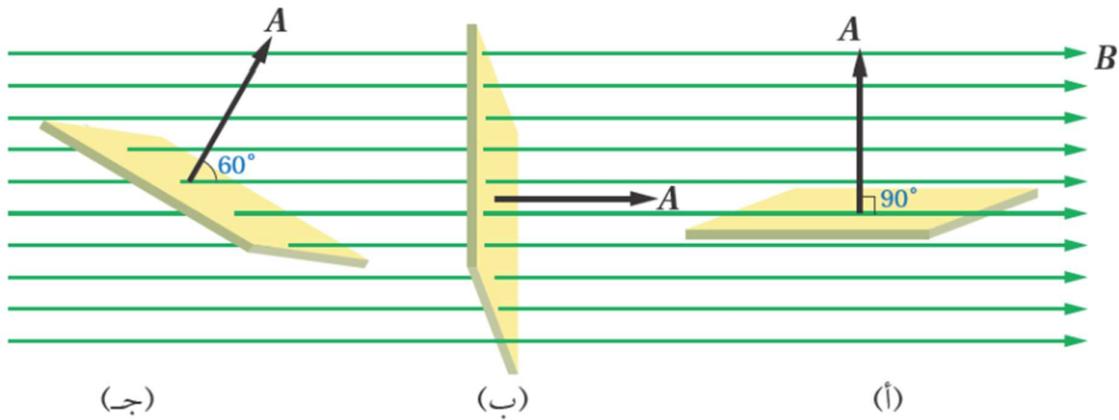
ج تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية

على السطح ($\theta = 0^\circ$) ؛ $\Phi_{Bmax} = BA$ ؛ مثل الشكل (أ).

ج تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية على

السطح ($\theta = 180^\circ$) ؛ $\Phi_{Bmax} = -BA$ ؛ مثل الشكل (ب).

✓ **أتحقق:** يوضح الشكل (3) ثلاثة سطوح متماثلة موضوعة في المجال المغناطيسي نفسه فأَيُّ السطوح يخترقه أكبر تدفق مغناطيسي؟ وأيها يخترقه أقل تدفق مغناطيسي؟



ج السطح العمودي على المجال المغناطيسي (ب) يخترقه أكبر تدفق لأن ($\theta = 0^\circ$) والتدفق المغناطيسي الذي يخترق السطح الموازي للمجال المغناطيسي (أ) يساوي صفراً؛ لأن ($\theta = 90^\circ$).

هذا الكلام من ذهب

👉 عليك انه تميز بين

متجه المساحة و مستوى السطح او الحلقة او الملف او.....

تذكر ان

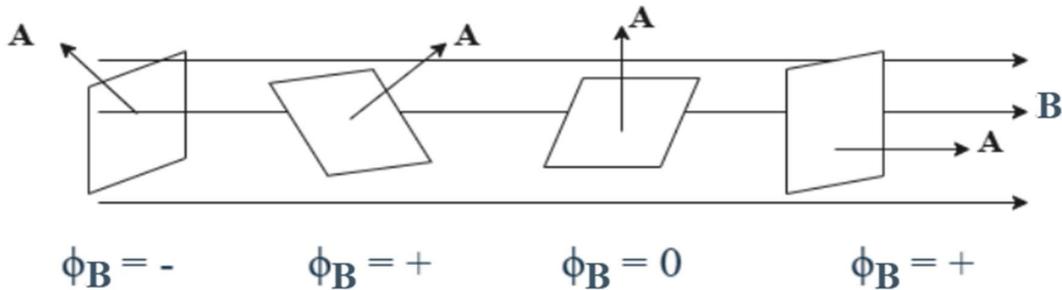
دائرة $A = \pi r^2$

مستطيل $A = \text{عرض} \times \text{طول}$

مربع $A = (\text{الضلع})^2$

👉 دائماً وابدأ وخواصة

✿ متجه المساحة عمودي على مستوى السطح او الحلقة او الملف.....

✿ نحن نهتم بالزاوية بين متجه المساحة \vec{A} وخطوط المجال المغناطيسي \vec{B} أمثلة:✿ عندما يكون متجه المساحة موازياً لخطوط المجال أي أن ($\theta = 0^\circ$)✿ عندما يكون مستوى السطح عمودياً على خطوط المجال أي أن ($\theta = 90^\circ$)✿ عندما يكون متجه المساحة عمودياً على خطوط المجال أي أن ($\theta = 90^\circ$)✿ عندما يكون مستوى السطح موازياً لخطوط المجال أي أن ($\theta = 0^\circ$)✿ عندما يكون متجه المساحة معاكساً لخطوط المجال أي أن ($\theta = 180^\circ$)✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (37°) مع متجه المساحة أي أن ($\theta = 37^\circ$)✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (37°) مع مستوى السطح أي أن ($\theta = 37^\circ$)✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (120°) مع متجه المساحة أي أن ($\theta = 120^\circ$)✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (120°) مع مستوى السطح أي أن ($\theta = 120^\circ$)

التحويلات

سؤال شامل كامل متكامل

1. حلقة دائرية الشكل مساحتها (40 cm^2) مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره

$(3 \times 10^3 \text{ N/C})$ احسب التدفق المغناطيسي في كل من الحالات التالية:

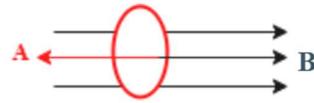


②



①

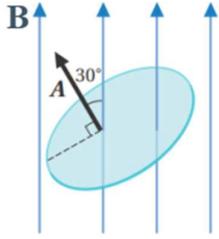
④ عندما تصنع خطوط المجال المغناطيسي زاوية (60) مع متجه المساحة



③

⑥ عندما يكون مستوى الحلقة موازي لخطوط المجال المغناطيسي

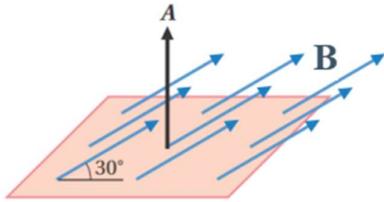
⑤ عندما تصنع خطوط المجال المغناطيسي زاوية (37) مع مستوى الحلقة.



الشكل (3): حساب التدفق الكهربائي.

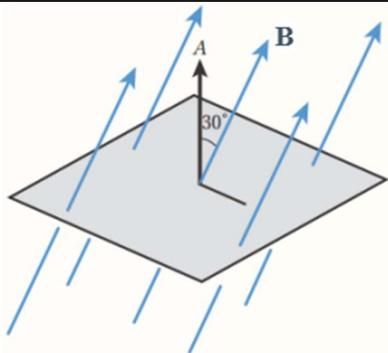
المثال 1

أحسب التدفق المغناطيسي عبر سطح دائرة نصف قطرها (0.10 m) ، وضعت في مجال كهربائي منتظم مقداره $(2.0 \times 10^3 \text{ N/C})$ بحيث يصنع متجه المساحة زاوية (30°) مع المجال، كما يبين الشكل (3).



تمرين

أستخدم الأرقام: مربع طول ضلعه (10 cm) تخترقه خطوط مجال مغناطيسي منتظم مقداره (240 N/C) ويصنع زاوية (30°) مع سطح المربع، كما يبين الشكل، أحسب التدفق المغناطيسي عبر المربع.

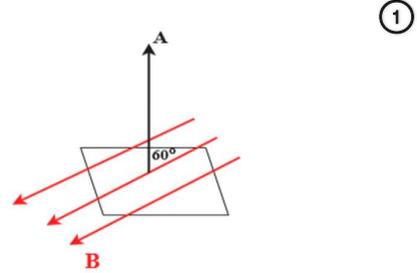
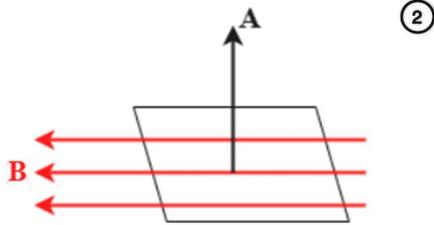


2. مربع طول ضلعه (l) ، تخترقه خطوط مجال مغناطيسي منتظم كما يبين الشكل المجاور، فيكون التدفق عبره (Φ) . فإن مقدار المجال (B) يساوي:

$$\begin{array}{l} \text{أ-} \frac{\Phi}{l^2 \cos 30^\circ} \\ \text{ب-} \frac{\Phi}{l \cos 30^\circ} \\ \text{ج-} \frac{l^2 \cos 30^\circ}{\Phi} \\ \text{د-} \frac{\Phi}{l^2 \sin 30^\circ} \end{array}$$

H.W

سـ صفيحة مربعة الشكل طول ضلعها (60 cm) مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(8 \times 10^3 \text{ N/C})$. احسب التدفق المغناطيسي في الحالات التالية:



④ عندما تضع خطوط المجال المغناطيسي زاوية (30) مع مستوى السطح

③ عندما توازي خطوط المجال المغناطيسي متجه المساحة

سـ صفيحة مستطيلة طولها (4 cm) وعرضها (2 cm) مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم بحيث مستواها عمودي على خطوط المجال المغناطيسي اذا كان التدفق المغناطيسي الذي يخترقها $(24 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C})$ فإنه مقدار المجال المغناطيسي

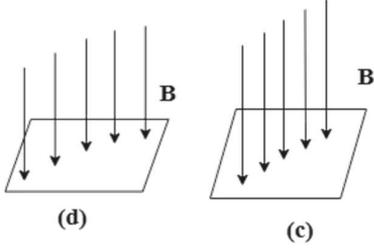
ا- $3 \times 10^4 \text{ N/C}$

ب- 0 N/C

س- 3 N/C

ج- $3 \times 10^3 \text{ N/C}$

3. اعتماداً على الشكل اي العبارات التالية صحيحة:



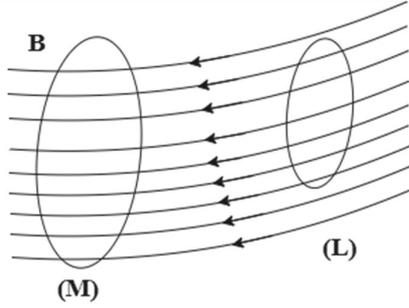
$$\Phi_d = \Phi_c, B_c = B_d \text{ -f}$$

$$\Phi_d > \Phi_c, B_c = B_d \text{ -ب}$$

$$\Phi_d = \Phi_c, B_c > B_d \text{ -ج}$$

$$\Phi_d = \Phi_c, B_c < B_d \text{ -د}$$

4. اعتماداً على الشكل اي العبارات التالية صحيحة:

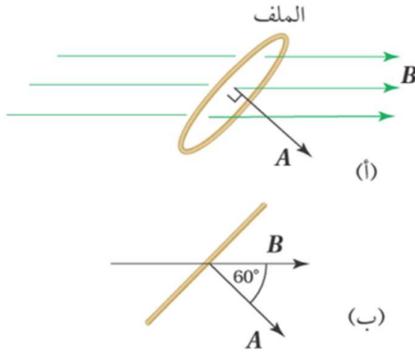


$$\Phi_M = \Phi_L, B_M = B_L \text{ -f}$$

$$\Phi_M = \Phi_L, B_M < B_L \text{ -ب}$$

$$\Phi_M > \Phi_L, B_M > B_L \text{ -ج}$$

$$\Phi_M > \Phi_L, B_M > B_L \text{ -د}$$



الشكل (4):

(أ) حلقة دائرية مغمورة في مجال مغناطيسي.
(ب) الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة.

5. حلقة دائرية مساحتها $(3.0 \times 10^{-4} m^2)$ موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(120 mT)$ على نحو ما هو موضح في الشكل (أ/4). ويوضح الشكل (ب/4) منظرًا جانبيًا للحلقة، حيث الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (60°) . أحسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة:

أ- على نحو ما هي موضحة في الشكل (أ/4).

ب- عندما يكون مستوى الحلقة عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي.

ج- عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي.

$$1.8 \times 10^{-5} Wb$$

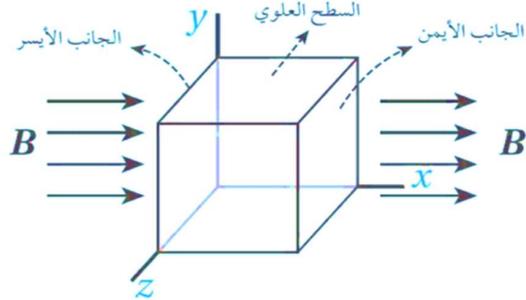
$$3.6 \times 10^{-5} Wb$$

$$0 Wb$$

تمرين

مكعب طول ضلعه (2.0 cm)، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.5 T) على نحو ما هو موضح في الشكل (5). أحسب التدفق المغناطيسي الكلي عبر المكعب.

الشكل (5): سطح مغلق على شكل مكعب في مجال مغناطيسي منتظم.



ج التدفق المغناطيسي الكلي يساوي المجموع الجبري للتدفق المغناطيسي عبر كل جانب من جوانب المكعب الستة. التدفق المغناطيسي عبر أربعة جوانب يساوي صفرًا؛ لأن الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°). لذا يكون التدفق المغناطيسي الكلي ناتج عن المجموع الجبري للتدفق عبر كل من الجانب الأيسر (1) والجانب الأيمن (2)، ومساحة كل منهما A.

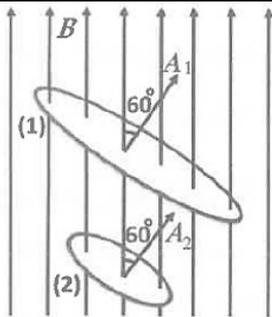
$$\Phi_{B,total} = \Phi_{B,1} + \Phi_{B,2} = BA \cos 180^\circ + BA \cos 0^\circ = -BA + BA = 0$$

0 Wb

6. الفكرة الرئيسية: ما المقصود بالتدفق المغناطيسي؟

ج التدفق المغناطيسي يُعبّر عنه رياضياً بأنه ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي (B) و متجه المساحة (A)، رمزه (Φ).

أسئلة سنوات سابقة:

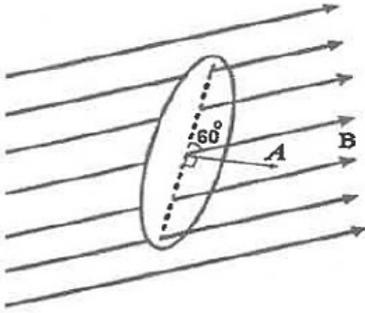


1. حلقتان موصلتان (1, 2) مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B) كما في الشكل المجاور، مساحة الحلقة (1) تساوي مثلي مساحة الحلقة (2)، فإن النسبة بين التدفق المغناطيسي عبر الحلقة (1) إلى التدفق المغناطيسي عبر الحلقة (2) تساوي

$$\left(\frac{\Phi_{B1}}{\Phi_{B2}} \right)$$

- أ- 1/4
ب- 1/2
ج- 1/2
د- 1/4

- أ- 4/1
ب- 2/1
ج- 1/1
د- 1/1



2. حلقة دائرية موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم كما

في الشكل المجاور. التدفق المغناطيسي عبر الحلقة

يساوي:

$$\begin{aligned} BA \cos 60^\circ &\leftarrow \\ BA \cos 120^\circ &\leftarrow \\ BA \cos 30^\circ &\rightarrow \\ BA \cos 90^\circ &\rightarrow \end{aligned}$$

م

التغير في التدفق المغناطيسي

رمزه $\Delta\Phi_B$

يقاس بوحدة ويبر (Wb)

كمية قياسية

هو الفرق بين التدفق المغناطيسي النهائي (Φ_{Bf}) والتدفق المغناطيسي الابتدائي

(Φ_{Bi})

يمكن ان يتغير التدفق المغناطيسي اذا تغير B او A او θ او جميعها.

مهم جداً

تعتمد عملية الحث الكهرومغناطيسي

وتوليد قوة دافعة كهربائية حثية

(ε') و تيار حثي I' على تغير التدفق

($\Delta\Phi_B$)

$$B' \leftarrow I' \leftarrow \varepsilon' \leftarrow \Delta\Phi$$

$$\Delta\Phi_B = \Phi_{Bf} - \Phi_{Bi}$$

$$\Delta\Phi_B = (BA \cos \theta)_f - (BA \cos \theta)_i$$

✿ اذا تغير المجال (B)

$$\Delta\Phi_B = A \cos \theta (B_f - B_i)$$

✿ اذا تغيرت المساحة (A)

$$\Delta\Phi_B = B \cos \theta (A_f - A_i)$$

✿ اذا تغيرت الزاوية θ

$$\Delta\Phi_B = BA(\cos \theta_f - \cos \theta_i)$$

7. حلقة دائرية مساحتها (4 cm^2) مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) بحيث مستواها عمودي على خطوط المجال المغناطيسي اذا قل المجال المغناطيسي ليصبح (80 mT) احسب التغير في التدفق المغناطيسي

8. صفيحة مستطيلة الشكل طولها (3 cm) وعرضها (2 cm) مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره ($40 \times 10^{-2} \text{ T}$) وتصنع خطوط المجال المغناطيسي زاوية (53°) مع متجه المساحة اذا اصبحت مساحتها (10 cm^2) احسب التغير في التدفق المغناطيسي.

9. ملف مستطيل الشكل يتكوّن من لفة واحدة ومساحة سطحه (A)، مغمور في مجال مغناطيسي (B)، بحيث تكون الزاوية بين مستوى الملف وخطوط المجال (30°). إذا تضاعف مقدار المجال المغناطيسي خلال مدة زمنية مقدارها (Δt)، فإن التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف خلال تلك المدة يساوي:

$$\uparrow BA \cos 30^\circ \quad \leftarrow 2BA \cos 30^\circ \quad \rightarrow BA \cos 60^\circ \quad \leftarrow 2BA \cos 60^\circ$$



② الحث الكهرومغناطيسي وقانون فارادي

✿ بعد أن درسنا التدفق المغناطيسي، ما هي العلاقة بين التدفق المغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي؟

✿ اكتشف ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي العالمان: الأمريكي جوزيف هنري والإنجليزي مايكل فارادي.

✿ الحث الكهرومغناطيسي هو عملية توليد قوة دافعة كهربائية وبالتالي تيار كهربائي في دارة دون وجود بطارية، وذلك باستخدام مجال مغناطيسي.

✿ يعرف **الحث الكهرومغناطيسي** بأنه: عملية توليد تيار كهربائي في دارة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

✿ يعد الحث الكهرومغناطيسي عملية معاكسة لتوليد مجال مغناطيسي من التيار المار في الأسلاك.

✿ تسمى القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في هذه الحالة: بالقوة الدافعة الكهربائية الحثية.

✿ يسمى التيار الكهربائي المتولد في هذه الحالة: بالتيار الكهربائي الحثية.

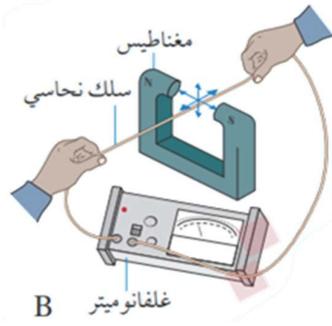
✿ يرمز للقوة الدافعة الكهربائية الحثية بالرمز: (\mathcal{E}') وتقاس بوحدة فولت (V) .

✿ يرمز للتيار الكهربائي الحثي بالرمز: (I) ويقاس بوحدة أمبير (A) .

✿ **الشرط الضروري** لحدوث الحث الكهرومغناطيسي في أي ملف هو أن: **يتغير التدفق المغناطيسي عبر الملف.**

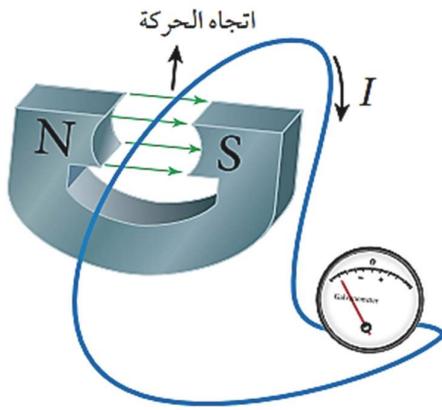
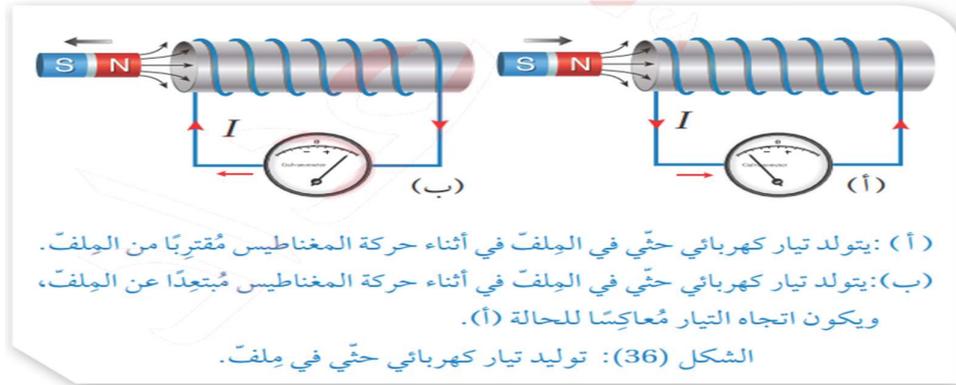
✿ يعرف **التيار الكهربائي الحثي** بأنه: التيار الكهربائي المتولد في دارة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

✓ **أتحقق:** ما المقصود بالتيار الكهربائي الحثي؟

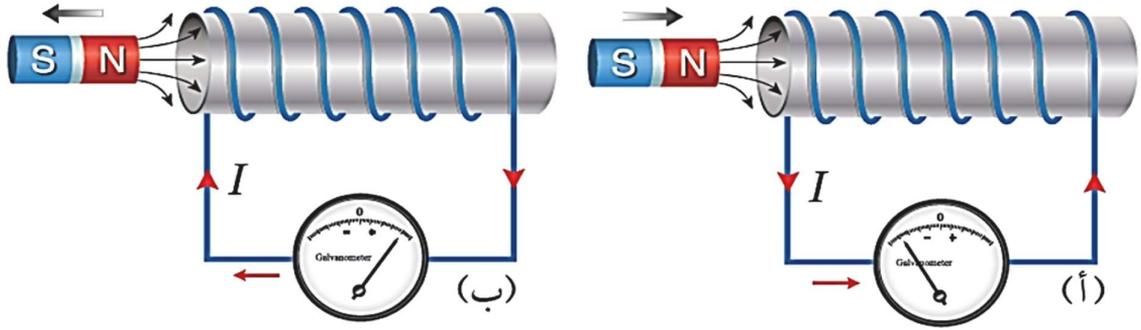


س اذكر طرائق توليد قوة دافعة كهربائية حثية؟
① تحريك سلك (موصل) داخل مجال مغناطيسي بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي

② تقريب او ابعاد مغناطيس مستقيم من ملف أو العكس بحيث يتم تقطيع خطوط المجال المغناطيسي ويجب ان يتغير التدفق المغناطيسي



س في الشكل المجاور: هل يتولد تيار كهربائي حثي في السلك عند تحريكه بموازاة طوله؟
ج لا يتولد تيار كهربائي حثي في السلك عند تحريكه بموازاة طوله؛ لأنه لا يحدث تغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الدارة المغلقة التي يُعدّ السلك جزءا منها.



يوضح الشكل (7) ملفاً موصولاً بغلفانوميتر، ومغناطيس مستقيم. عند تحريك المغناطيس نحو الملف، ينحرف مؤشر الغلفانوميتر في اتجاه معين، دالا على تولّد قوة دافعة كهربائية حثية وسريان تيار كهربائي حتي في الملف، أنامل الشكل (7/أ). أما عند إبعاد المغناطيس عن الملف، فإن مؤشر الغلفانوميتر ينحرف في اتجاه معاكس لاتجاه انحرافه في الحالة السابقة، دالا على تولّد قوة دافعة كهربائية حثية، وسريان تيار كهربائي حتي في الملف باتجاه معاكس. أنامل الشكل (7/ب). وأحصل على النتائج نفسها عند تثبيت المغناطيس وتحريك الملف.

تتولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية عند تغير التدفق المغناطيسي في ملف، ويمكن

تغيير التدفق المغناطيسي بثلاث طرائق هي:

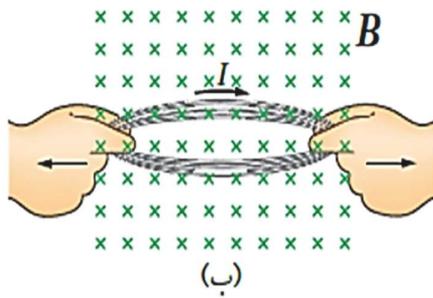
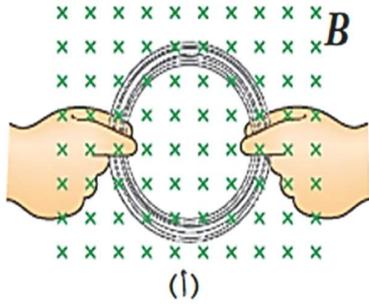
- 1) تغيير مقدار المجال المغناطيسي.
 - 2) تغيير المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي.
 - 3) تغيير الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي والمساحة.
- ✓ **أتحقق:** ما طرائق توليد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف من سلك موصل؟

افكر

في الشكل (7)، هل ينحرف مؤشر الغلفانوميتر عند تحريك المغناطيس والملف معاً بالاتجاه نفسه بمقدار السرعة نفسه؟ أناقش أفراد مجموعتي للتوصل إلى إجابة عن السؤال.

ج لا ينحرف مؤشر الغلفانوميتر، حيث تكون قراءته صفراً؛ لعدم حدوث تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف.

المثال 2



الشكل (9):

- (أ) بُنات التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف عند تحريكه داخل المجال.
(ب) إنقاص مساحة الملف.

يوضح الشكل (أ/9) ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف. هل يتولّد تيار كهربائي حثّي:

ا- عند تحريك الملف نحو اليسار أو نحو اليمين مع

بقائه داخل المجال كما في الشكل (أ/9)؟

ب- لا يتولّد تيار كهربائي حثّي عند تحريك الملف داخل المجال نحو اليسار أو اليمين بسبب ثبات التدفق المغناطيسي.

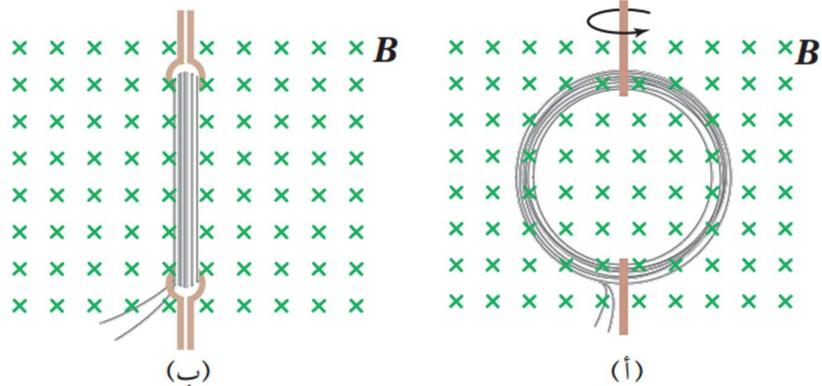
ج- في أثناء تغيير شكل الملف بحيث تقل مساحته

كما في الشكل (ب/9)؟

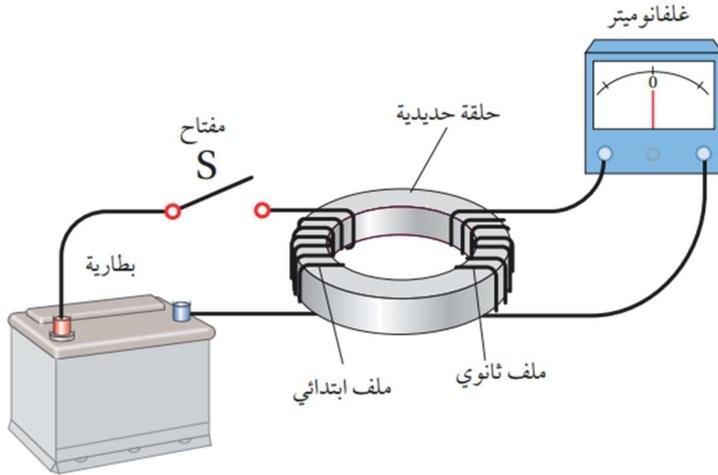
د- عند شدّ الملف يتغير شكله بحيث تقل مساحة سطحه، فيقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، ما يؤدي إلى تولّد قوة دافعة كهربائية حثّيّة، وتيار كهربائي حثّي.

تمرين

يوضح الشكل (أ/10) ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف. أفسر ما يحدث في أثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسي من الوضع المبين في الشكل (أ/10) إلى الوضع المبين في الشكل (ب/10).



الشكل (10): تدوير ملف في مجال مغناطيسي منتظم من الوضع (أ) إلى الوضع (ب).



هذه الصفحة قراءة
بتركيز - ليست للحفظ

الشكل (8): يتولّد تيار كهربائي
حثّي في الملفّ الثانويّ عند تغيّر
مقدار تيار الملفّ الابتدائيّ.

يُمكن أيضًا توليد قوّة دافعة كهربائيّة حثيّة، وتيار كهربائي حتي بتنفيذ تجربة معادلة لتجربة العالم فارادي، على نحو ما هو موضح في الشكل (8). إذا لفّ سلك حول جزء من حلقة حديدية، ثم وصل طرفاه بمفتاح (S) وبطارية، مكوّنًا الملفّ الابتدائي *Primary coil*، ثم لفّ سلك آخر حول جزء آخر من الحلقة نفسها، ووصل طرفاه بغلفانوميتر فقط، مكوّنًا الملفّ الثانوي *Secondary coil*. لحظة إغلاق المفتاح (S) ينحرف مؤشّر الغلفانوميتر المتصل بالملف الثانوي باتجاه معين، ثم يعود إلى الصفر. ويتكرر ذلك لحظة فتح المفتاح، لكن انحراف المؤشّر يكون باتجاه معاكس للحالة السابقة. ولا ينحرف مؤشّر الغلفانوميتر عند ثبات مقدار التيار الكهربائي في الملف الابتدائي.

وأفسّر المشاهدات السابقة، أنه عند إغلاق المفتاح (S) يسري تيار كهربائي في الملف الابتدائي مولّدًا مجالًا مغناطيسيًا يخترق الملفّ الثانوي، فيتغيّر التدفقّ المغناطيسي الذي يخترقه من صفر إلى قيمة معينة خلال مدة زمنية معينة، وهذا التغيّر في التدفقّ المغناطيسي مع الزمن يولد قوّة دافعة كهربائية حثيّة وتيارًا كهربائيًا حثّيًا في الملفّ الثانوي. الأمر نفسه يحدث عند فتح دارة الملف الابتدائي، إذ يتلاشى التيار الكهربائي المارّ فيه، وتبعًا لذلك يتناقص التدفقّ المغناطيسي الذي يخترق الملفّ الثانوي، فتتولّد فيه قوّة دافعة كهربائية حثيّة وتيار كهربائي حثّي خلال مدة تلاشي تيار الملفّ الابتدائي.

أفكر

أفكر في الشكل (8)، أفسر ما يأتي:

- ينحرف مؤشّر الغلفانوميتر لحظة فتح المفتاح، لكن انحراف المؤشّر يكون باتجاه معاكس لانحرافه عند إغلاق المفتاح.
- لا ينحرف مؤشّر الغلفانوميتر عند ثبات التيار المارّ في الملف الابتدائي.

✿ وضع العالم فارادي قانونًا -سمي باسمه- يوضح العلاقة بين متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في ملف والتغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف:
نص قانون فارادي في الحث: "مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في دائرة كهربائية يتناسب طرديًا مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها"
✓ **أتحقق:** علام ينص قانون فارادي في الحث؟

✿ ورياضيًا فإن:

$$\varepsilon' = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

حيث N : عدد لفات الملف

$\Delta \Phi_B$: التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف.

Δt : زمن عملية التغير في التدفق المغناطيسي.

✿ يسمى المقدار $\left(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}\right)$: المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي، ويقاس بوحدة (Wb/s) .

✿ تفسر الإشارة السالبة باستخدام قانون لنز؛ الذي سندرسه لاحقاً.

✿ يحسب التغير في التدفق المغناطيسي $(\Delta \Phi_B)$ كما يلي:

$$\Delta \Phi_B = \begin{cases} \Delta B \cdot A \cdot \cos \theta \\ B \cdot \Delta A \cdot \cos \theta \\ B \cdot A \cdot \Delta \cos \theta \end{cases}$$

حيث:

$$\begin{aligned} \Delta B &= B_2 - B_1 \\ \Delta A &= A_2 - A_1 \\ \Delta \cos \theta &= \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \end{aligned}$$

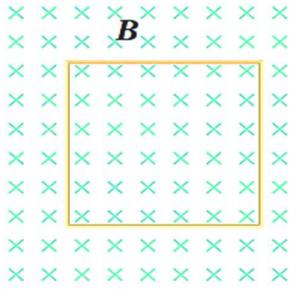
أو في حالة وجود أكثر من متغير، فإن:

$$\Delta \Phi_B = \Phi_{B_2} - \Phi_{B_1} = B_2 A_2 \cos \theta_2 - B_1 A_1 \cos \theta_1$$

✿ يحسب التيار الكهربائي الحثي من العلاقة:

$$I = \left| \frac{\varepsilon'}{R} \right|$$

حيث R : هي مقاومة أسلاك الدارة أو الملف.



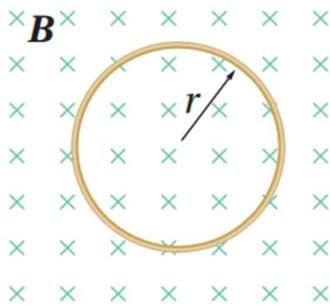
الشكل (13): حلقة موصلة مربعة الشكل في مجال مغناطيسي منتظم.

تمرين

حلقة مربعة الشكل مقاومتها (10Ω)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم، حيث مستواها عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي على نحو ما هو موضح في الشكل (13). إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة من قيمة ابتدائية (0.15 Wb) إلى (0.10 Wb) خلال (0.01 s)، أحسب ما يأتي:

- أ- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة.
- ب- التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار في الحلقة.

5 V
0.5 A

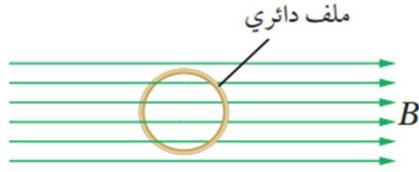


الشكل (11): ملف دائري موضوع في مجال مغناطيسي منتظم.

المثال 3

ملف دائري عدد لفاته (20) لفة، ومتوسط نصف قطر اللفة الواحدة (1.0 cm) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT)، على نحو ما هو موضح في الشكل (11). سنجب الملف خارج المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.20 s)، أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.

$3.77 \times 10^{-3} \text{ V}$



الشكل (12): ملفّ دائريّ في مجال مغناطيسيّ منتظم.

المثال 4

- ملفّ دائري عدد لفاته (100) لفة، ومساحة مقطعه العرضي ($1.2 \times 10^{-4} m^2$)، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره ($1.0 T$)، على نحو ما هو موضح في الشكل (12). بدايةً، مستوى الملف مواز لخطوط المجال المغناطيسي، ثم دار الملف بزاوية مقدارها (90°) حول محور رأسي بحيث أصبح مستواه عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي خلال ($0.50 s$). أحسب ما يأتي:
- التغيّر في التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف.
 - القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.
 - التيار الكهربائي الحثي المتوسط المارّ في الملف، إذا علمت أنّ المقاومة الكهربائية للملف (4.0Ω).

$$\begin{aligned} &1.2 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ &-2.4 \times 10^{-2} \text{ V} \\ &6 \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

1. أحسب: حلقة دائرية موصلة نصف قطرها (0.10 m)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.15 T)، على أن يكون مستواها عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي. سحبت الحلقة من طرفين متقابلين فيها، فتغير شكلها، وأصبحت مساحتها ($3.0 \times 10^{-2}\text{ m}^2$) خلال (0.20 s). أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة خلال هذه المدة الزمنية.

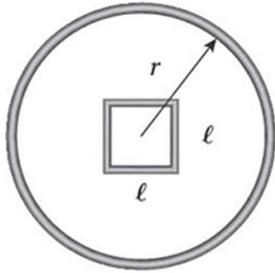
$$1.05 \times 10^{-3}\text{ V}$$

2. أستخدم الأرقام: حلقة فلزية مساحة مقطعها العرضي (10.0 cm^2)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم على أن يكون مستواها عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي. إذا ازداد مقدار المجال المغناطيسي ازدياداً منتظماً من (0.50 T) إلى (2.50 T) خلال (1.0 s)، فأحسب التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة إذا علمت أن مقاومتها ($1.0\ \Omega$).

$$2 \times 10^{-3}\text{ A}$$

3. **أستخدم المتغيرات:** ملفّ من سلك موصل عدد لفاته (400)، ومقاومته الكهربائية (50.0Ω)، ومساحة مقطعه العرضي ($0.25 m^2$). وضع الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره ($2.0 T$)، حيث مستوى الملف عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي. فإذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال ($0.50 s$)، أحسب ما يأتي:
- ١- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف.
- ٢- التيار الكهربائي الحثي المتولّد في الملف.

400 V
8 A



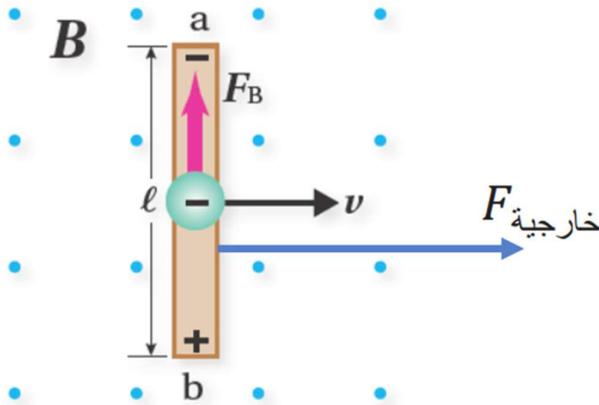
4. **أحسب:** حلقة مربعة الشكل طول ضلعها ($l = 2.0 cm$) موضوعة داخل ملف لولبي نصف قطره ($r = 5.0 cm$) وطوله ($20.0 cm$)، وعدد لفاته (1000)، يسري فيه تيار كهربائي مقداره ($2.0 A$). أتأمل الشكل المجاور الذي يوضّح منظرًا جانبيًا للملف والحلقة. أحسب ما يأتي:
- ١- التدفق المغناطيسي عبر الحلقة.
- ٢- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة إذا تلاشى تيار الملف خلال ($2.0 s$).

$5.02 \times 10^{-6} Wb$
 $2.51 \times 10^{-6} V$

③ الحث الكهرومغناطيسي في موصل مستقيم

❁ لكي تتولد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف ما، لا بد من تغير التدفق عبر الملف.
❁ نعتبر أحياناً عن التغير في التدفق بأن نقول أن: الموصل يتحرك وأثناء حركته يقطع خطوط المجال المغناطيسي.

❁ إذا تحرك الموصل بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي \Leftarrow حدث تغير في التدفق \Leftarrow تتولد قوة دافعة حثية [يتحرك الموصل عمودياً على طولهِ وعلى خطوط المجال] ❁ إذا لم يتحرك الموصل أو تحرك ولكن لم يقطع خطوط المجال المغناطيسي \Leftarrow لا يتغير التدفق \Leftarrow لا تتولد قوة دافعة حثية.



❁ في الشكل المجاور، يتحرك الموصل بسرعة ثابتة (عمودياً على طولهِ) بتأثير قوة خارجية باتجاه اليمين، فيقطع خطوط المجال المغناطيسي، وبالتالي يتغير التدفق، وينتج عن ذلك تولد قوة دافعة حثية والتيار الحثي في الموصل المستقيم.

❁ تحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في موصل مستقيم من العلاقة التالية:

$$\varepsilon' = Blv$$

حيث (B) مقدار المجال المغناطيسي (l) طول الموصل المتحرك ضمن المجال المغناطيسي، و (v) مقدار سرعة حركة الموصل. [وهي تمثل عوامل القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل مستقيم، وكلها طردية]

❁ يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية (ε') : فرق الجهد بين طرفي الموصل (ΔV) .

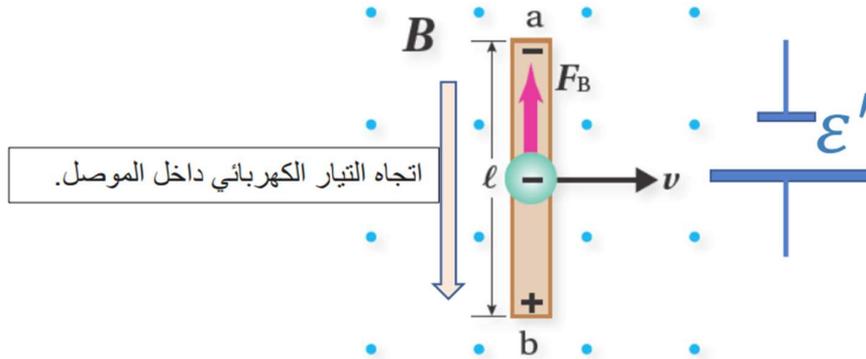
❁ يحسب التيار الكهربائي الحثي من العلاقة:

$$I = \frac{\varepsilon'}{R}$$

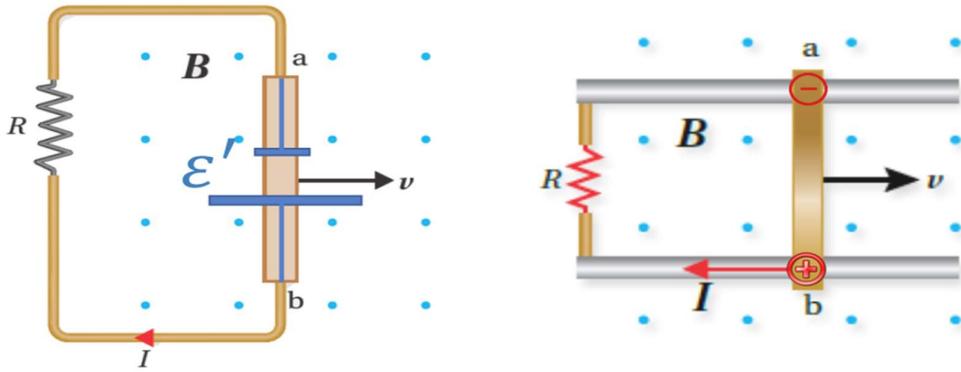
حيث R : هي مقاومة أسلاك الملف.

✓ **أتحقق:** علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة بين طرفي موصل يتحرك عمودياً على طولهِ وعلى اتجاه المجال المغناطيسي؟

✿ عند أطراف السلك المستقيم (داخله)، يكون الطرف المتواجد **باتجاه التيار الكهربائي: قطباً** **موجباً**، ويكون الطرف المتواجد **باتجاه معاكس للتيار الكهربائي: قطباً سالباً**.



✿ خارج الموصل، مثل الدارة البسيطة، يكون اتجاه التيار الكهربائي من القطب الموجب إلى القطب السالب.



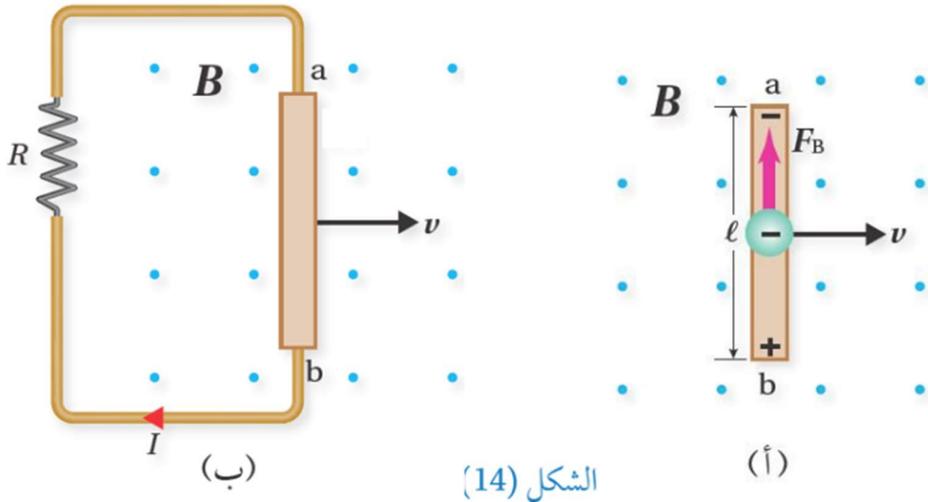
✿ يستمر سريان التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية ما دام الموصل متحركاً، وينقطع التيار الكهربائي إذا توقف الموصل عن الحركة.

✿ **تفسير تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الكهربائي الحثي في موصل مستقيم:**

يوضح الشكل (أ/14) موصلًا يتحرك باتجاه محور $(+x)$ عمودياً على طولهِ، وعلى اتجاه مجال مغناطيسي منتظم (باتجاه محور $+z$). تتحرك الإلكترونات الحرة في الموصل معه باتجاه محور $(+x)$ عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي قاطعة خطوط المجال المغناطيسي، فتتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه محور $(+y)$ حسب قاعدة اليد اليمنى. ونتيجة لذلك تتجمع شحنات سالبة عند طرف السلك (a) ، تاركة خلفها شحنات موجبة عند الطرف (b) ، فيصبح جهد الطرف (b) أكبر من جهد الطرف (a) ، أي يتولد فرق في الجهد الكهربائي بين طرفيه، يُسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية (\mathcal{E}') .

وعندما يكون الموصل جزءاً من دارة كهربائية مغلقة، على نحو ما هو موضح في الشكل (ب/14)، فإنه يسري فيها تيار كهربائي حثي، إذ يعمل الموصل عمل بطارية قطبها الموجب

عند الطرف (b). ويستمر سريان التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية ما دام الموصل متحركاً.



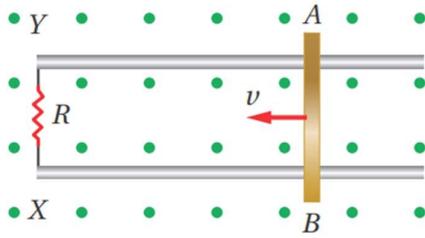
الشكل (14)

(ب) ويسري فيه تيار كهربائي حثّي عندما يصبح جزءاً من دارة كهربائية مغلقة.

(أ) في أثناء قطع موصل خطوط مجال مغناطيسي يتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثّية.

الأسئلة.

1. موصل طوله (8 cm) مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (4 T) كما هو موضح في الشكل. اذا تحرك بسرعة متجهة ثابتة مقدارها (0.2 m/s). احسب:
 - ا- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الموصل
 - ب- التيار الكهربائي الحثي وحدد اتجاهه في المقاومة



❖ موصل مستقيم (AB) يتحرك على مجرى فلزي بسرعة ثابتة (v) باتجاه محور ($-x$) عموديا على مجال مغناطيسي منتظم. معتمدا على الشكل أجب عن الفقرتين الآتيتين:

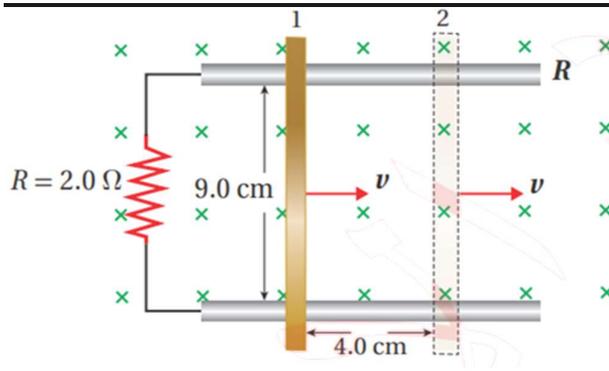
2. شحنة الطرف (A)، واتجاه التيار في المقاومة (R):

- ا- موجبة، من (X) إلى (Y).
 ب- سالبة، من (X) إلى (Y).
 ج- موجبة، من (Y) إلى (X).
 د- سالبة، من (Y) إلى (X).

3. عندما يتحرك الموصل بسرعة (v) يمر في المقاومة (R) تيار حثي مقداره (I). عند مضاعفة مقدار سرعة الموصل، ونقصان المقاومة إلى النصف، فإن التيار المار في المقاومة

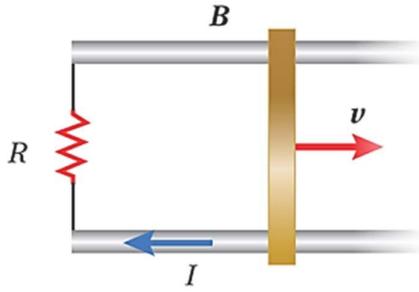
يساوي:

- ا- $0.5 I$ ب- I ج- $2 I$ د- $4 I$



4. أستخدم الأرقام: موصل مستقيم

طوله (9.0 cm) مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.20 T). سحب الموصل بسرعة ثابتة مسافة (4.0 cm) خلال مدة زمنية (0.10 s) من الموضع (1) إلى الموضع (2). أحسب مقدار التيار المار في المقاومة ($R = 2.0 \Omega$)، وأحدد اتجاهه.



5. موصل مستقيم طوله (ℓ) مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم. عند سحب الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (v) على مجرى فلزي باتجاه محور ($+x$)، يمرّ في المقاومة (R) تيار كهربائي حتي (I) بالاتجاه المبين في الشكل. إنَّ مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه:

ا- $\frac{\ell v}{IR}$ باتجاه ($+z$) ب- $\frac{IR}{\ell v}$ باتجاه ($+z$)

ج- $\frac{\ell v}{IR}$ باتجاه ($-z$) د- $\frac{IR}{\ell v}$ باتجاه ($-z$)

ب



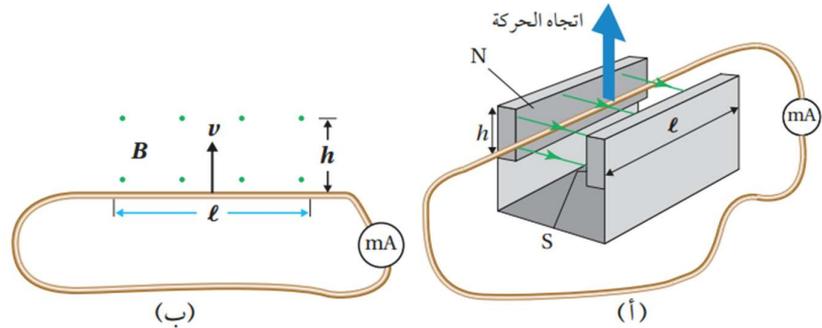
6. أستخدم الأرقام: تُحلّف إحدى طائرات الخطوط الجوية الملكية الأردنية أفقيًا بسرعة مقدارها (200 m/s) في منطقة، المركّبة الرأسية للمجال المغناطيسي الأرضي فيها تساوي ($50 \mu T$). أتأمل الشكل المجاور. إذا علمت أن طول جناحي الطائرة معا يساوي (60 m)، فأحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة بين طرفي جناحي الطائرة.

0.6 V

المثال 5

يتقابل القطبان الشمالي N والجنوبي S لمغناطيسين، طول كل منهما $(\ell = 20.0 \text{ cm})$ ، وارتفاع كلٍّ منهما $(h = 6.00 \text{ cm})$ ، بينهما مجال مغناطيسي منتظم مقداره (54.0 mT) .
 أتأمل الشكل (أ/15). حركت سلك مشدود موصول بملي أميتر من الطرف السفلي للمغناطيسين إلى الطرف العلوي عمودياً على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي خلال مدة زمنية مقداره (0.200 s) ، على نحو ما هو موضح في الشكل (ب/15). أحسب ما يأتي:
 ١- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك.
 ٢- التيار الكهربائي الحثي المار في الملي أميتر إذا علمت أن المقاومة الكهربائية للدائرة (2.0Ω) .

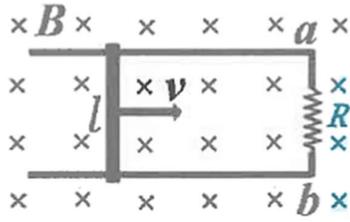
الشكل (15):
 (أ) تحريك سلك عمودياً على اتجاه خطوط مجال مغناطيسي منتظم.
 (ب) منظر أمامي لحركة السلك داخل المجال المغناطيسي.



$$3.24 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$1.62 \text{ mA}$$

أسئلة سنوات سابقة:



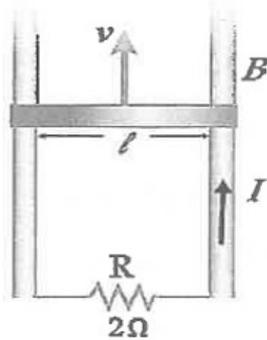
1. موصل مستقيم طوله (l) مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B) كما في الشكل المجاور، عند سحب الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (v) على مجرى فليزى باتجاه محور ($+x$) يمر بالمقاومة (R) تيار كهربائي حثي (I)، إن مقدار التيار واتجاهه عبر المقاومة:

- من a إلى b ، $\frac{Blv}{R}$ -
 من a إلى b ، $\frac{R}{Blv}$ -
 من b إلى a ، $\frac{Blv}{R}$ -
 من b إلى a ، $\frac{R}{Blv}$ -



2. يزداد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة بين طرفي موصل يتحرك عمودياً على طول، وعلى اتجاه مجال مغناطيسي منتظم مغمور فيه، عندما:

- ينقص طول الموصل
 تزداد مساحة مقطع الموصل
 يزداد طول الموصل
 تنقص مساحة مقطع الموصل



❖ موصل مستقيم مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B). عند سحب الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (v) على مجرى فليزى باتجاه ($+y$)، يمر في المقاومة (R) تيار كهربائي حثي (I) بالاتجاه المبين في الشكل. أجب عن الفقرتين (3)، (4) الآتيتين:

3. يكون اتجاه المجال المغناطيسي (B) باتجاه محور:

- $+z$ -
 $-z$ -
 $+x$ -
 $-x$ -



4. إذا كان متوسط التيار الكهربائي الحثي (I) يساوي ($0.2 A$)، فإن متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الموصل بوحدة فولت (V) يساوي:

- 0.1 -
 0.4 -
 4 -
 10 -



④ قانون لنز

لماذا تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية سالبة في أثناء زيادة التدفق المغناطيسي، وموجبة في أثناء نقصان التدفق؟

يمكن العالم لنز من الإجابة على هذا السؤال وبالتالي تفسير الإشارة السالبة في قانون فارادي.

نص قانون لنز: "يكون اتجاه التيار الحثي المتولد في دائرة مغلقة بحيث يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم التغيير في التدفق المغناطيسي المسبب له".

فسر الإشارة السالبة في قانون فارادي .

ج القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يقاوم التغيير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها.

التغيير في التدفق المغناطيسي يولد قوة دافعة حثية - القوة الدافعة الحثية تنتج تياراً كهربائياً حثياً - التيار الكهربائي الحثي يولد مجالاً مغناطيسياً حثياً - المجال المغناطيسي الحثي ينتج أقطاباً مغناطيسية على طرفي الملف - وبالتالي فإن المجال المغناطيسي الحثي يقاوم التغيير في التدفق المغناطيسي الذي كان سبباً في توليده.

إذا كان التدفق يزداد، سيتولد مجال مغناطيسي حثي لكي يقاوم هذه الزيادة (ينقصه).

إذا كان التدفق يقل، سيتولد مجال مغناطيسي حثي لكي يقاوم هذا النقصان (يزيده).

إذا كان المغناطيس يقترب من ملف، سيتولد مجال مغناطيسي حثي داخل الملف لكي يبعد المغناطيس (سيتولد طرف الملف القريب من المغناطيس قطباً مشابهاً لكي يتنافر معه).

إذا كان المغناطيس يبتعد عن ملف، سيتولد مجال مغناطيسي حثي داخل الملف لكي يقرب المغناطيس (سيتولد في طرف الملف القريب من المغناطيس قطباً مخالفاً لكي يتجاذب معه).

يمكن تلخيص قانون لنز كما يلي:

- إذا كان التدفق يزداد فسوف يتولد تيار حثي وقوة دافعة حثية تعمل على إنقاصه، وذلك بتوليد مجال مغناطيسي عكس اتجاه المجال الأصلي، ليقاوم الزيادة في التدفق. (Φ يزداد لأي سبب) ← (يتولد (B') عكس (B)) ← (لمقاومة الزيادة في التدفق)
 - إذا كان التدفق يقل، فسوف يتولد تيار حثي وقوة دافعة حثية تعمل على زيادته، وذلك بتوليد مجال مغناطيسي بنفس اتجاه المجال الأصلي، ليقاوم النقصان في التدفق. (Φ يقل لأي سبب) ← (يتولد (B') مع اتجاه (B)) ← (لمقاومة النقص في التدفق)
 - تذكر أن قراءة الأميتر (إضاءة المصباح) مرتبطة بالتيار الكلي في الدائرة (العادي والحثي)، حيث:
- ✓ تزداد إضاءة المصباح إذا كان اتجاه التيار الكهربائي العادي مع التيار الكهربائي الحثي.

✓ تقل إضاءة المصباح إذا كان اتجاه التيار الكهربائي العادي عكس التيار الكهربائي الحثي.

طريقةتنا:

ابتعد المغناطيس - يقل التدفق المغناطيسي - يولد الملف مجالا مغناطيسياً حثياً (B') مع (B) - ولأن اتجاه (B) لليسار، يكون اتجاه (B') لليسار - وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الكهربائي في الملف اللولبي نحو اليسار عبر الغلفانوميتر.

✿ تذكر أن المجال المغناطيسي الحثي يرمز له بالرمز: B' أو B_{ind} .

✓ **أتحقق:** علام ينص قانون لنز؟ وكيف أحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في ملفاً عند تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه؟

ج ينص قانون لنز على أن: "يكون اتجاه التيار الحثي المتولد في دائرة مغلقة بحيث يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب لها". وأحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في ملف عند تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، باستخدام قاعدة اليد اليمنى بحيث يُشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن الملف (B_{ind})، ويُشير اتجاه انحناء بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الكهربائي الحثي في لفات الملف.

عليك ان تعلم

كل مغناطيس يولد حوله تيار كهربائي وكل تيار يولد حوله مجال مغناطيسي

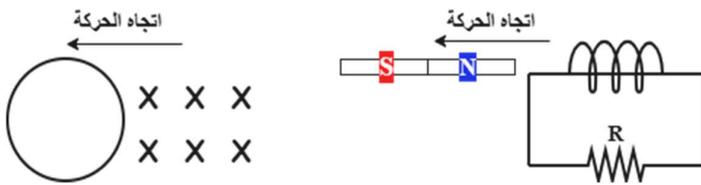
التغير في التدفق المغناطيسي ($\Delta\Phi$)

نقصان

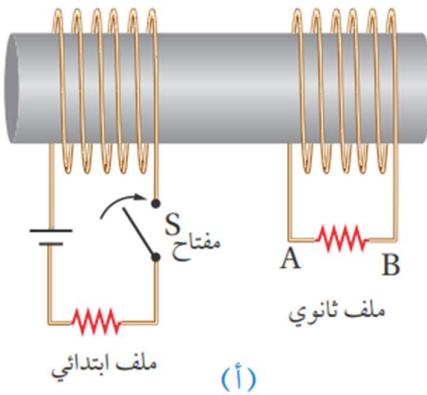
مشابه $B' \leftarrow$ مشابه $I' \leftarrow$ $\uparrow \varepsilon' \leftarrow \downarrow \Delta\Phi$
لأصلي لأصلي (+)

متى يقل التغير في التدفق المغناطيسي $\Delta\Phi$ ؟

- ① عند ابتعاد مغناطيس عن ملف او ابتعاد حلقة من مجال مغناطيسي او ابتعاد.....



- ② عن فتح مفتاح الدارة



- ③ حسب السؤال

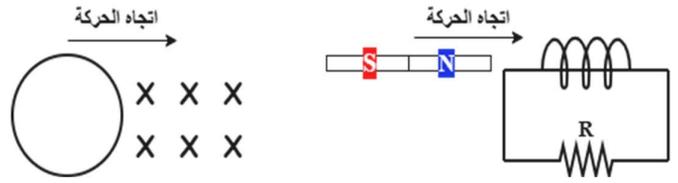
مثال: كان التدفق المغناطيسي 30 Wb واصبح 20 Wb

زيادة

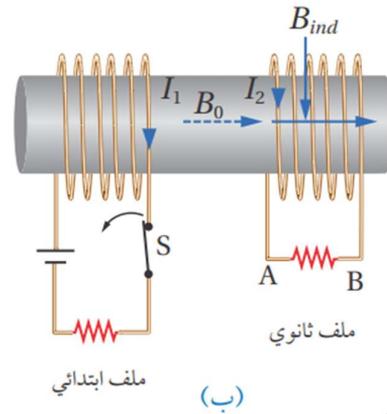
معاكس $B' \leftarrow$ معاكس $I' \leftarrow$ $\downarrow \varepsilon' \leftarrow \uparrow \Delta\Phi$
لأصلي لأصلي (-)

متى يزداد التغير في التدفق المغناطيسي $\Delta\Phi$ ؟

- ① عند اقتراب مغناطيس من ملف او اقتراب حلقة من مجال مغناطيسي او اقتراب.....



- ② عن غلق مفتاح الدارة



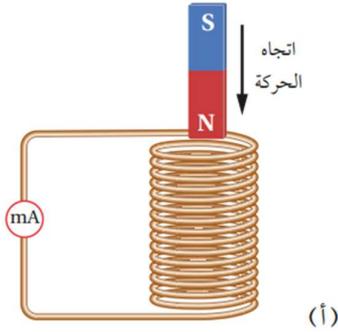
- ③ حسب السؤال

مثال: كان التدفق المغناطيسي 10 Wb واصبح 15 Wb

حدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي واتجاه المجال المغناطيسي الحثي في كل من الحالات التالية:

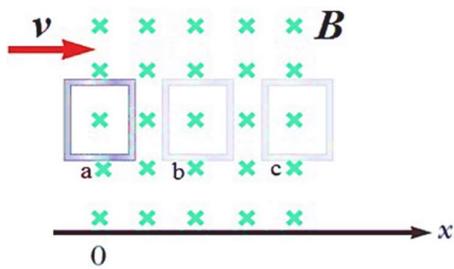
<p>②</p>	<p>①</p>
<p>④</p>	<p>③</p>
<p>⑥</p>	<p>⑤</p>
<p>⑧</p>	<p>⑦</p>

المثال 6



يقترّب القطب الشمالي لمغناطيس من ملف، فيتحرّك مؤشّر الملي أميتر المتصل به. ويوضح الشكل (18/أ) منظرًا جانبيًا للمغناطيس في أثناء اقترابه من الملف. كيف أحرّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف وما اتجاهه عند النظر إلى الملف من الأعلى؟

الأسئلة



1. أحلّ وأستنتج: حلقة فلزية مستطيلة الشكل تقع

في المستوى xy ، وتتحرك باتجاه محور x بسرعة

متجهة ثابتة، فتدخل منطقة مجال مغناطيسي

منتظم باتجاه محور $-z$ ، على نحو ما هو موضح

في الشكل المجاور. وتمثّل الرموز a و b و c مرحلة

دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي، ومرحلة حركتها بداخله، ومرحلة خروجها من

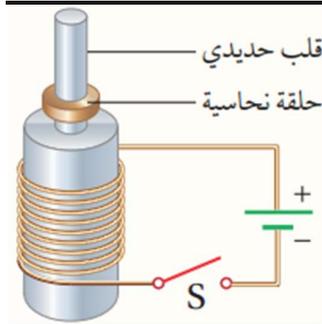
منطقة المجال المغناطيسي، على الترتيب. أجب عما يأتي:

أ- أي المراحل الثلاث يتولّد فيها قوة دافعة كهربائية والتيار كهربائي حثّي في الحلقة؟

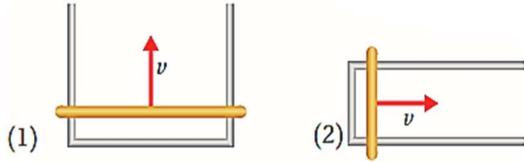
أفسّر إجابتي.

ب- أحرّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في كل مرحلة إن وجد، مفسرًا إجابتي.

2. **أحلّ وأستنتج:** لدي قطعتا نيوديميوم متماثلتان، إحداهما ممغنطة والأخرى غير ممغنطة، وأنبوب نحاسي طوله (l) مثبت في وضع رأسي. عندما أمسك بالقطعة الممغنطة ثم أسقطها داخل الأنبوب النحاسي، فإنها تستغرق زمناً (t) لتخرج من فوهته المقابلة. إذا أسقطت قطعة النيوديميوم غير الممغنطة خلال الأنبوب نفسه من الارتفاع نفسه، فهل تستغرق زمناً أكبر من الزمن (t) أم أقل منه لتخرج من فوهته المقابلة؟ أفسر إجابتي.
- ج تستغرق قطعة النيوديميوم غير الممغنطة زمناً أقل من الزمن (t) لتخرج من فوهته المقابلة، وأفسر ذلك كما يأتي: تسقط قطعة النيوديميوم غير الممغنطة سقوطاً حراً تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط، وتتسارع السقوط الحر. بينما في أثناء سقوط قطعة النيوديميوم الممغنطة نحو الأنبوب النحاسي يحدث تغيير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الأنبوب تسبب مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي ينشأ عنه مجال مغناطيسي معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي لقطعة النيوديميوم، فتتأثر قطعة النيوديميوم بقوة تنافر مغناطيسية نحو الأعلى تقلل من مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيها نحو الأسفل، فتسقط بسرعة أقل مقارنة بالقطعة غير الممغنطة.



3. **أحلّ وأستنتج:** ملفّ لولبي ملفوف على قلب حديدي، وفوقه حلقة نحاسية حرّة الحركة، كما في الشكل المجاور. عند إغلاق المفتاح (S) تقفز الحلقة الفلزية إلى أعلى. أفسّر هذا السلوك للحلقة.
- ج عند إغلاق المفتاح S يسري تيار كهربائي في الملف اللولبي، ويصبح مغناطيساً كهربائياً، فيخترق مجاله المغناطيسي الحلقة الفلزية، فينشأ فيها تيار كهربائي حثي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي، حيث يكون مجاله المغناطيسي معاكس للمجال المغناطيسي الخاص بالملف، فتنشأ قوة تنافر مغناطيسي تدفع الحلقة الحرة الحركة لأعلى.



4. **أحلّ وأستنتج:** يبين الشكل المجاور دارتين

موضوعتين في مجال مغناطيسي منتظم

مقداره (B) ، الموصل المستقيم في الدارة

(1) طولها $(2l)$ وفي الدارة (2) طولها (l) . الموصلان المستقيمان تحركا بمقدار السرعة

نفسه (v) ، فتولّد في الدارة (1) تيار كهربائي حثّي باتجاه حركة عقارب الساعة. أجب

عما يأتي:

ا- ما اتجاه المجال المغناطيسي (B) ؟

ج نتيجة لحركة الموصل إلى أعلى يزداد التدفق المغناطيسي عبر الدارة التي يُعدّ الموصل

جزءاً منها، فيتولد في الدارة قوة دافعة كهربائية حثية تؤدي إلى سريان تيار كهربائي

حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي (B) كي يُقاوم الزيادة في

التدفق المغناطيسي. وبما أن التيار المتولد في الدارة باتجاه حركة عقارب الساعة فإن

المجال المغناطيسي الناتج عنه يكون باتجاه $(-z)$ ، لذلك يكون المجال (B) باتجاه $(+z)$.

ب- ما اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الدارة (2)؟

ج يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الدارة (2) باتجاه حركة عقارب الساعة؛ لكي ينشأ

عنه مجال مغناطيسي يُعاكس المجال المغناطيسي الأصلي ويقاوم الزيادة في التدفق

المغناطيسي.

ح- هل مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1)، أكبر أم أقل أم

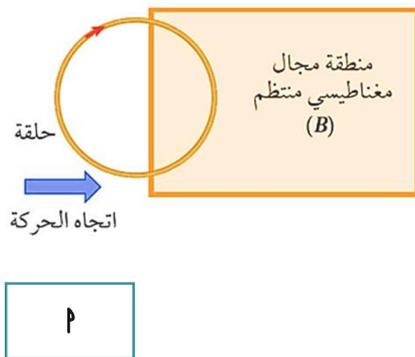
مساوياً لمقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (2)؟ أفسر إجابتي.

ج مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1) أكبر منها في الدارة

(2)؛ إذ أن: $(\mathcal{E}' = Blv)$ ، ومقدار المجال المغناطيسي ومقدار السرعة في الشكلين

متساو، ولكن طول الموصل في الشكل (1) أكبر، لذا القوة الدافعة الكهربائية الحثية

فيها أكبر.



5. في أثناء دخول الحلقة المبيّنة في الشكل إلى منطقة

مجال مغناطيسي منتظم (B) يتولد في الحلقة تيار

كهربائي حثّي بالاتجاه المبيّن في الشكل، فيكون

المجال المغناطيسي (B) باتجاه محور:

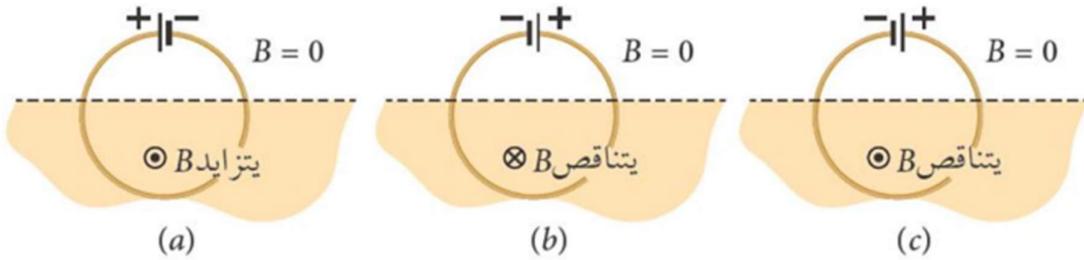
ا- $+z$

ب- $-z$

ج- $+x$

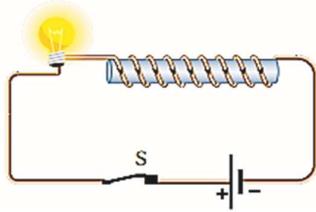
د- $-x$

6. يبين الشكل المجاور حلقة تتصل ببطارية، ونصفها السفلي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم؛ اتجاهه قد يكون عمودياً على الصفحة للداخل أو للخارج، ومقداره قد يتزايد أو يتناقص. في أي الحالات الثلاث يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الحلقة باتجاه القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟



١- فقط (b) فقط ٢- فقط (c) فقط ٣- (a) و (b) ٤- (b) و (c)

٢

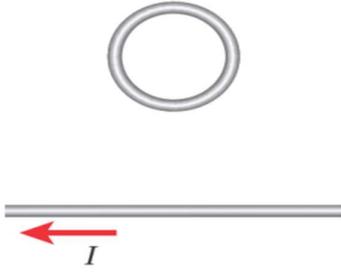


7. أوقع: يوضح الشكل المجاور دائرة كهربائية

مغلقة. أوقع ما يحدث لإضاءة المصباح في أثناء:

١- تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث.

٢- تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث.



8. أفسّر: حلقة موصلة وضعت بالقرب من سلك موصل مستقيم

يسري فيه تيار كهربائي (I) لجهة اليسار على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور. أهدّد لكل حالة من الحالات الآتية، هل يمر تيار كهربائي حثي في الحلقة أم لا؟ وأهدّد اتجاهه.

أ- عندما تتحرك الحلقة رأسياً إلى الأسفل باتجاه السلك.

ج يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ازدياد مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

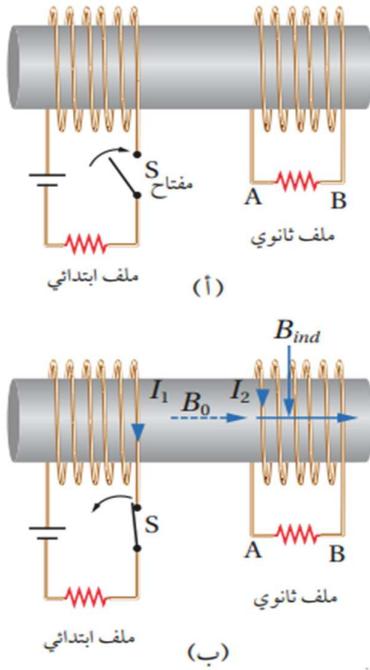
ب- أثناء إنقاص التيار الكهربائي المارّ في السلك مع بقاء الحلقة ثابتة.

ج يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثي باتجاه حركة عقارب الساعة.

ح- عندما تتحرك الحلقة أفقياً بموازاة طول السلك لجهة اليسار.

ج لا يتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ثبات مقدار المجال المغناطيسي، ولا يتولّد فيها تيار كهربائي حثي.

المثال 17



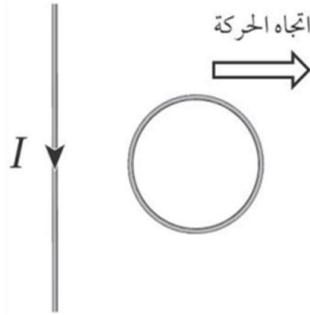
لف ملفان عدد لفات كلّ منهما (100) لفة، ومساحة المقطع العرضي لكل منهما $(3.0 \times 10^{-4} m^2)$ ، على قلب حديدي كما في الشكل (19/أ). عند إغلاق مفتاح دائرة الملف الابتدائي يتولد مجال مغناطيسي داخله مقداره $(B_0 = 180 mT)$ ينتقل عبر القلب الحديدي، كما في الشكل (19/ب)، وعند فتح الدارة الكهربائية يتلاشى هذا المجال المغناطيسي خلال $(0.10 s)$. أجب عما يأتي:

أ- أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح S .

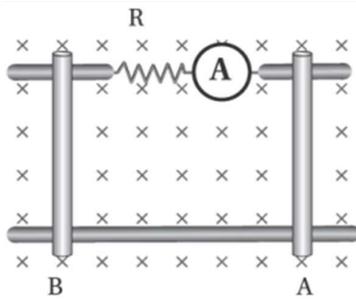
ب- أحدد اتجاه سريان التيار الكهربائي الحثي في المقاومة الكهربائية في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح S .

ج ب. المجال المغناطيسي الناتج عن الملف الابتدائي يكون نحو اليمين وينتقل عبر القلب الحديدي، وعند فتح دائرة الملف الابتدائي، يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفيه تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الملف في الاتجاه الذي تجعله يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي؛ أي يكون المجال المغناطيسي الحثي باتجاه المجال المغناطيسي نفسه. وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثي المار في المقاومة يكون من B إلى A عبر المقاومة.

$$5.4 \times 10^{-2} V$$

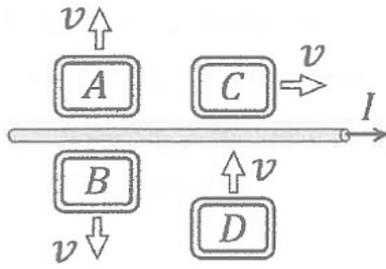


9. موصل مستقيم يمر فيه تيار كهربائي بالاتجاه المبين في الشكل، عند تحريك الحلقة لجهة اليمين، فإن التيار الكهربائي الحثي المتولد فيها يكون:
- أ- باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.
 - ب- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
 - ج- باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
 - د- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.



10. موصلان فلزيان (A) و (B) قابلان للحركة على مجرى فلزي، غمرت جميعها في مجال مغناطيسي منتظم كما يبين الشكل. أعدد لكل حالة مما يأتي هل سيمر تيار حثي أم لا؟ ثم أعدد اتجاهه (مع أو عكس اتجاه حركة عقارب الساعة).
- أ- تحريك الموصل (B) باتجاه محور ($-x$) مع بقاء الموصل (A) ساكناً.
 - ب- تحريك الموصلان باتجاه محور ($+x$) بالسرعة نفسها.
 - ج- تحريك الموصلان بالسرعة نفسها؛ الموصل (A) باتجاه محور ($+x$) والموصل (B) باتجاه محور ($-x$).

أسئلة سنوات سابقة:



D و A -s

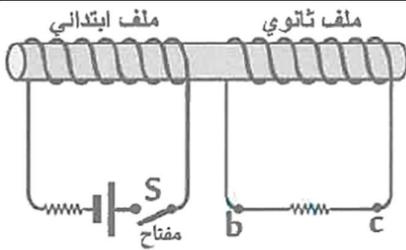
C و A -ح

C و B -ب

B و A -ا

s

1. يبين الشكل المجاور أربع محاولات مختلفة لتوليد تيار كهربائي حثي في الملفات (A, B, C, D) التي تتحرك في المجال المغناطيسي لموصل مستقيم يسري فيه تيار. الملفان اللذان يتولّد فيهما التيار الكهربائي الحثي بالاتجاه نفسه هما:



- ❖ لف ملفان عدد لفات كل منهما (200) لفّة، ومساحة المقطع العرضي لكل منهما ($4 \times 10^{-4} m^2$) على قلب حديدي على نحو ما هو موضح في الشكل المجاور. عند إغلاق مفتاح دائرة الملف الابتدائي (S) تتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الملف الثانوي مقدارها (0.032 V) خلال (0.05 s)، أجب عن الفقرتين (2، 3) الآتيتين:

2. مقدار المجال المغناطيسي الحثي المسبب للقوة الدافعة الكهربائية الحثية بوحدة تسلا (T) يساوي:

50 -s

5 -ح

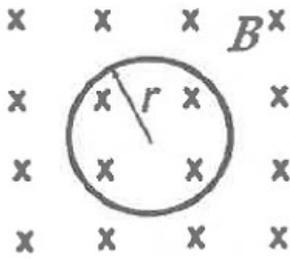
0.2 -ب

0.02 -ا

s

3. اتجاه سريان التيار الكهربائي الحثي عبر الملف الثانوي:
- ا من c إلى b، ليقاوم النقص في التدفق المغناطيسي
 - ب من b إلى c، ليقاوم النقص في التدفق المغناطيسي
 - ح من c إلى b، ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي
 - s من b إلى c، ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي

s



❖ ملف دائري عدد لفاته (100) لفة، ومتوسط نصف قطر اللفة الواحدة (2 cm) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.25 T)، كما في الشكل المجاور. إذا سُحِب الملف خارج المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.01 s)، فأجب عن الفقرتين (4، 5) الآتيتين:

4. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف بوحدة فولت (V) تساوي:

- أ- π
 ب- $-\pi$
 ج- 1
 د- -1

5. اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في الملف يكون:

- أ- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ ليقاوم النقص في التدفق المغناطيسي.
 ب- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي.
 ج- مع اتجاه حركة عقارب الساعة؛ ليقاوم النقص في التدفق المغناطيسي.
 د- مع اتجاه حركة عقارب الساعة؛ ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي

⑤ الحث الكهرومغناطيسي الذاتي

❁ **ظاهرة الحث الذاتي** هي: تولد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في دارة كهربائية مغلقة

نتيجة **تغيير التدفق** المغناطيسي بسبب تغيير مقدار تيار الدارة نفسها.

❁ يسمى **الملف اللولبي** الذي تحدث فيه ظاهرة الحث الذاتي بـ: **المحث**.

❁ يعمل الحث الذاتي على تأخير وصول التيار الكهربائي إلى قيمته العظمى عند غلق مفتاح

الدارة ولكنه لا يؤثر على قيمة التيار العظمى، وكذلك يمنع التلاشي المباشر للتيار

الكهربائي عند فتح المفتاح، بل يتلاشى التيار الكهربائي تدريجياً.

❁ بسبب ظاهرة الحث الذاتي، فإن التيار الكهربائي ينمو تدريجياً ويتلاشى تدريجياً (يحتاج إلى

وقت للنمو والتلاشي).

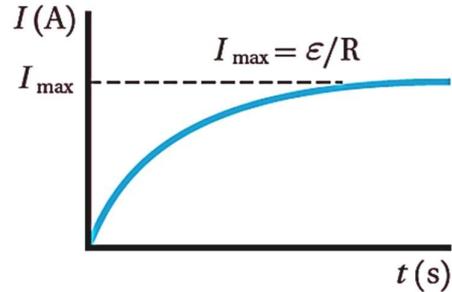
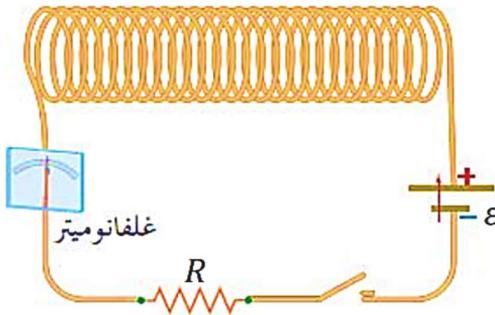
❁ يظهر النمو والتلاشي التدريجي للتيار من خلال إضاءة المصباح، فالمصباح المتصل مع محث:

يرمز للمحث في الدارات الكهربائية بالرمز:



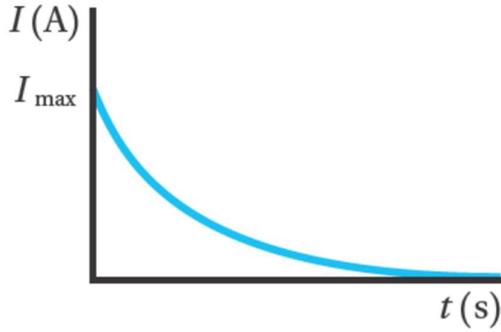
✓ تزداد إضاءته تدريجياً عند غلق المفتاح.

✓ تقل إضاءته تدريجياً عند فتح المفتاح.



عند تركيب دارة كهربائية تحوي ملفاً لولبياً وتوصيلها مع غلفانوميتر كما في الشكل فإنه لحظة إغلاق الدارة الكهربائية يلاحظ من حركة مؤشر الغلفانوميتر أن التيار الكهربائي لا يصل لحظياً من الصفر إلى قيمته العظمى. فلو تخيلت أن مصباحاً موصولاً في هذه الدارة وراقبته لرأيت أن شدة إضاءته تبدأ قليلة ثم تزداد ثم تثبت عندما يصل التيار إلى قيمته العظمى؛ ويعزى ذلك إلى **ظاهرة الحث الذاتي**؛ إذ إن المجال المغناطيسي الناتج من التيار الكهربائي الذي يمر في الملف اللولبي يزيد التدفق المغناطيسي عبر هذا الملف، فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف وفق قانون لنز تقاوم الزيادة في التيار وتسمى **قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية**.

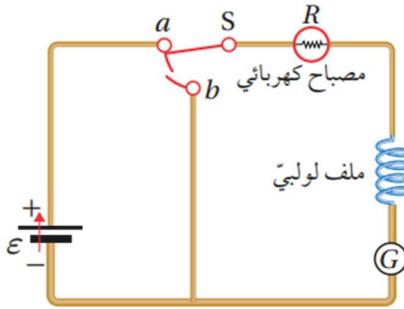
غلق المفتاح - نمو التيار الكهربائي تدريجياً - قوة دافعة كهربائية حثية عكسية.



أما لحظة فتح الدارة الكهربائية فإن التيار في الدارة لا يصل لحظياً إلى الصفر. فلو راقبت مصباحاً مضيئاً في الدارة فإن شدة إضاءته تتناقص حتى تختفي بعد مدة زمنية بسبب تناقص المجال المغناطيسي الناتج من التيار تدريجياً في المحث، فيسبب تناقصاً في التدفق المغناطيسي عبره، وتنشأ فيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية وفق

قانون لنز تقاوم النقصان في التيار تسمى **قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية طردية**.

فتح المفتاح - تلاشي التيار تدريجياً - قوة دافعة حثية طردية - البطارية غير متصلة بالدارة.



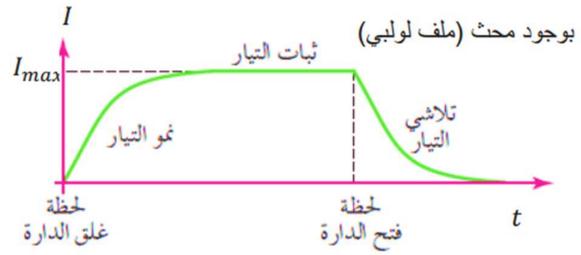
الشكل (20): تزداد إضاءة المصباح تدريجياً عند وصل المفتاح S بالنقطة (a)، وتلاشي إضاءة المصباح تدريجياً عند وصل المفتاح S بالنقطة (b).

تيار كهربائي حثي في الاتجاه نفسه لتيار الدارة (الذي كان ناتجاً عن البطارية قبل فصلها عن الدارة)، كي يولد مجالاً مغناطيسياً يُقاوم النقصان في التدفق المغناطيسي.

افكر

في الشكل (21/ب)، لماذا يتلاشى التيار الكهربائي تدريجياً ولا يصل مقداره إلى الصفر مباشرة؟ أناقش أفراد مجموعتي، للتوصل إلى إجابة عن السؤال.

ج عند توصيل المفتاح (S) بالنقطة (b)، ينعدم التيار الكهربائي الذي تولده البطارية، ويتناقص تدفق المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي (المحث)، وحسب قانون فارادي، هذا يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف ينشأ عنها



يتم التمييز بين المواسعات من خلال المواسعة، ويتم التمييز بين المقاومات من خلال المقاومة، ويتم التمييز بين المحثات من خلال ثابت يسمى: المحثة (محاثة المحث) (معامل الحث الذاتي).

تستخدم هذه العلاقة بشكل فعال للربط بين (I) و (Φ_B) أو (ΔI) و ($\Delta \Phi_B$)، حيث: $L \cdot \Delta I = N \cdot \Delta \Phi_B$

يرمز لمحاثة المحث بالرمز: (L).

تُحسب محاثة المحث (L) بشكل عام من العلاقة:

$$L = \frac{N\Phi_B}{I} = \frac{N\Delta\Phi_B}{\Delta I}$$

حيث (N): عدد لفات الملف اللولبي (المحث)

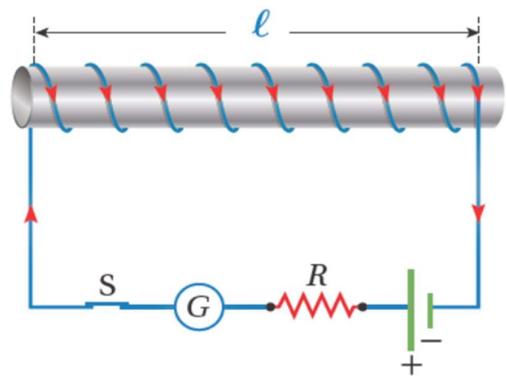
(Φ_B): التدفق المغناطيسي عبر الملف اللولبي (المحث).

(I): التيار الكهربائي المار في الملف.

يمكن استنتاج قانون حساب محاثة المحث اللولبي بشكل خاص كما يلي:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

- اذكر عوامل محاثة الملف اللولبي؟
- (1) النفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث.
 - (2) مربع عدد اللفات للملف.
 - (3) مساحة المقطع العرضي لللفات.
 - (4) طول الملف اللولبي.
- تسمى المساحة وطول الملف معا: الأبعاد الهندسية.



✓ **أتتحقق:** ما العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي لمحث لولبي؟

✿ لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية، نستخدم إحدى العلاقات التالية:

$$\varepsilon' = \left\{ \begin{array}{l} -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \\ -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{array} \right\}$$

حيث (L) : محاثة المحث.

(ΔI) : التغير في التيار الكهربائي.

(Δt) : زمن عملية الحث الكهرومغناطيسي الذاتي.

$\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$: المعدل الزمني للتغير في التيار الكهربائي (ويقاس بوحدة: A/s).

✿ يعرف **معامل الحث الذاتي (محاثة المحث)** بأنه: نسبة القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة بين طرفي محث إلى المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي

$$\left[L = \frac{\varepsilon'}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} \right]$$

✿ تقاس محاثة المحث بوحدة $(V \cdot s/A)$ والتي تسمى اختصاراً **هنري** (H) تكريماً للعالم جوزيف هنري.

✓ **أتحقق:** ما المقصود بمعامل الحث الذاتي لمحث؟ وما وحدة قياسه؟

✿ يعرف **الهنري** (H) بأنه: محاثة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها $(1 V)$ ، عندما يكون المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه $(1 A/s)$.

✿ تعد محاثة المحث مقياساً لممانعة المحث للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه، أي أنه كلما زادت المحاثة؛ زادت ممانعة نمو أو تلاشي التيار الكهربائي؛ أي يحتاج التيار الكهربائي إلى زمن أطول لكي ينمو إلى قيمته العظمى أو يتلاشى ليصبح صفر.

سـ ماذا نعني بقولنا ان محاثة محث $(12H)$ ؟

الأسئلة.

1. وحدة قياس معامل الحث الذاتي لمحث حسب النظام الدولي للوحدات، هي:

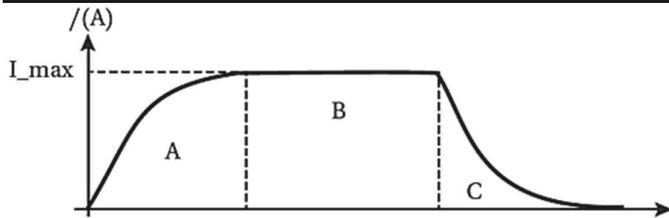
- أ- $V.A/s$ ب- $A.s/V$ ج- $V.A.s$ د- $V.s/A$

س

2. أحسب: محثّ معامل حثّه الذاتي $(4.0 \times 10^{-4} H)$ ، موصول بدارة كهربائية. إذا تغيّر

مقدار التيار الكهربائي المارّ فيها من $(0.0 A)$ إلى $(8.0 A)$ خلال $(0.10 s)$ ، أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحثّ.

$-32 \times 10^{-3} V$



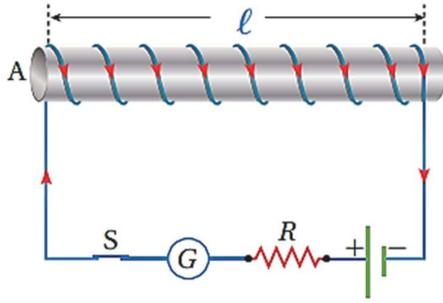
3. يبين الشكل التمثيل البياني

لعلاقة التيار الكهربائي والزمن لدارة تتكون من محث ومقاومة وبطارية. العبارة الصحيحة التي تصف التدفق المغناطيسي (Φ) ،

والقوة الدافعة الحثية (ϵ') في الفترة (B) :

- أ- التدفق (Φ) يساوي صفر، والقوة الدافعة (ϵ') تساوي صفر.
 ب- يكون للتدفق (Φ) قيمة عظمى، والقوة الدافعة (ϵ') تساوي صفر.
 ج- يكون للتدفق (Φ) قيمة عظمى، والقوة الدافعة (ϵ') قيمة عظمى.
 د- التدفق (Φ) يساوي صفر، والقوة الدافعة (ϵ') لها قيمة عظمى.

ب



مثال

إذا علمت أن طول المحث الموضح في الشكل (23) يساوي (20.0 cm) ، ومساحة مقطعه العرضي $(2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2)$ ، وعدد لفاته (200) لفة، والمحث ملفوف حول أنبوب كرتوني يملؤه الهواء، ويسري فيه تيار كهربائي (5.0 A) ، أحسب ما يأتي:

أ- معامل الحث الذاتي للمحث.

ب- التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث.

ج- القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحث إذا عكست اتجاه التيار الكهربائي المار فيه خلال (0.10 s) .

$$6.3 \times 10^{-6} \text{ H}$$

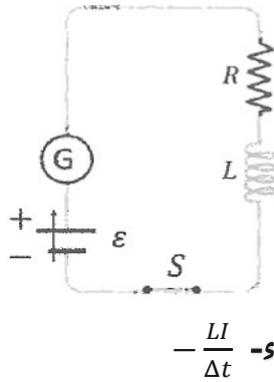
$$1.58 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

$$6.3 \times 10^{-4} \text{ V}$$

أسئلة سنوات سابقة:

1. ملف لولبي طوله (ℓ) ومعامل الحث الذاتي له (L) قطع إلى جزأين متماثلين ليصبح طول كل جزء $(\frac{\ell}{2})$. معامل الحث الذاتي لكل جزء (L) بدلالة معامل الحث الذاتي للملف اللولبي يساوي:

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

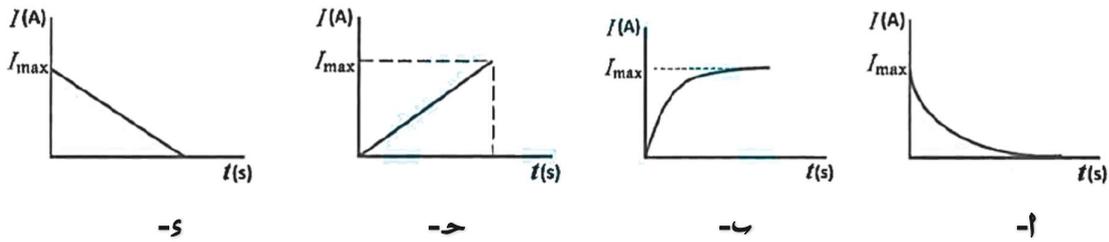


❖ الشكل المجاور يوضح دائرة كهربائية تحوي بطارية ومقاومة وغلغانوميتر ومفتاح مغلق ومحث معامل الحث الذاتي له (L) يسري فيه تيار كهربائي (I) أجب عن الفقرتين (2، 3) الآتيتين:

2. إذا عكس اتجاه التيار المار في المحث خلال فترة زمنية (Δt) فإن القوة الدافعة الكهربية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة فيه (\mathcal{E}'_L) تساوي:

$\frac{2LI}{\Delta t}$ -أ
 $-\frac{2LI}{\Delta t}$ -ب
 $\frac{LI}{\Delta t}$ -ج
 $-\frac{LI}{\Delta t}$ -د

3. التمثيل البياني لعلاقة التيار الكهربائي مع الزمن من لحظة فتح المفتاح في الدارة هو:



❖ محث معامل الحث الذاتي له $(6 \times 10^{-5} H)$ ومساحة مقطعه العرضي $(1.5 \times 10^{-4} m^2)$ وعدد لفاته (100) لفة، وملفوف حول أنبوب كرتوني يملؤه الهواء. وصل المحث بدارة كهربائية وتغير التيار الكهربائي المار فيه من $(5 A)$ إلى $(3 A)$ خلال مدة زمنية، اعتمادًا على ذلك، أجب عن الفقرتين (4، 5) الآتيتين:

4. مقدار التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث خلال المدة الزمنية لتغير التيار بوحدة ويبر (Wb) يساوي:

1.2×10^{-6} -أ
 -1.2×10^{-6} -ب
 1.2×10^{-4} -ج
 -1.2×10^{-4} -د

5. مقدار طول المحث بوحدة متر (m) بدلالة (π) يساوي:

1.6 π -س

0.16 π -ح

0.1 π -ب

0.01 π -د



الإثراء والتوسع



التصوير باستخدام تقنية الرنين المغناطيسي (MRI)

يُعد الأردن من أكثر الدول اهتماماً بالصحة؛ لما لديه من كوادر بشرية مؤهلة، تمتلك القدرات والخبرات المتميزة، ومرافق صحية شاملة حديثة، ومعدات طبية؛ إذ تسعى المستشفيات في الأردن دائماً إلى الحصول على أحدث التكنولوجيا الطبية، ومنها أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي.

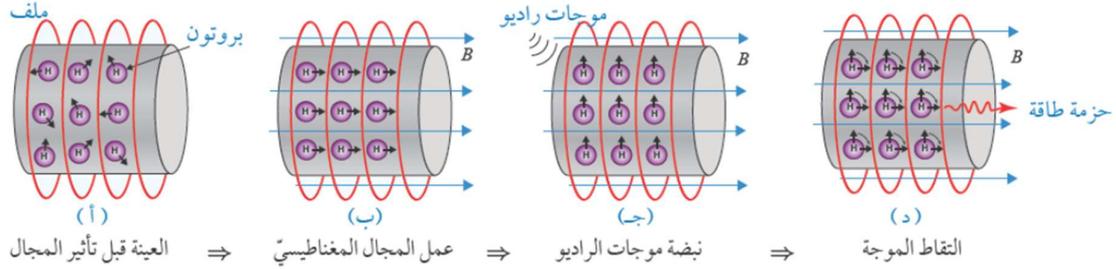
التصوير بالرنين المغناطيسي
Magnetic resonance imaging (MRI) تقنية غير جراحية تنتج صوراً تشريحية واضحة ثلاثية الأبعاد

لجسم الإنسان، تساعد في الكشف عن الأمراض وتشخيصها. يتكوّن جهاز الرنين المغناطيسي من ثلاثة أجزاء رئيسية هي؛ ملفات مغناطيسية، ومصدر موجات راديو، وجهاز حاسوب. تحتوي خلايا جسم الإنسان على نسبة كبيرة من الماء الذي يتكوّن من الأكسجين والهيدروجين، ولكل ذرة هيدروجين عزم ثنائي قطبي مغناطيسي. وفي غياب مجال مغناطيسي خارجي تكون اتجاهات العزوم المغناطيسية في الجسم موزعة في الاتجاهات كافة بشكل عشوائي، كما في الشكل (أ).

خطوات عمل الجهاز:

- تولّد الملفات مجالاً مغناطيسياً خارجياً يخترق الجسم، مؤدياً إلى اصطاف العزوم المغناطيسية لذرات الهيدروجين في اتجاه المجال المغناطيسي نفسه، وتصبح في وضع اتزان الشكل (ب).
- يُطلق مصدر موجات الراديو نبضةً من الموجات تخترق الجسم؛ فتؤدّي إلى انحراف العزوم المغناطيسية لذرات الهيدروجين بزاوية (90°) عن اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، الشكل (ج).
- عند توقف نبضة موجات الراديو تبدأ العزوم بالعودة للاصطاف باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، وينتج عن ذلك انبعاث حزمة من الموجات الكهرومغناطيسية تلتقطها مستشعرات التصوير وتحولها عن طريق برمجيات محوسبة إلى صور تشريحية الشكل (د).

تختلف العزوم المغناطيسية في زمن عودتها إلى حالة الاتزان (الاصطفاف باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي)، وفي مقدار طاقة الموجات الكهرومغناطيسية التي تبعثها؛ وذلك حسب تركيب النسيج والطبيعة الكيميائية للجزيئات فيه، وبذلك يتمكن الأطباء من التفريق بين الأنسجة المختلفة (السليمة والمصابة بمرض مُعيّن مثلاً) بناءً على هذه الخصائص المغناطيسية.



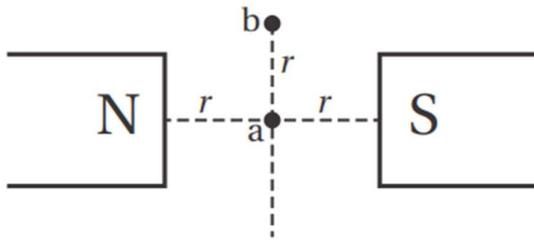


مراجعة الوحدة

1) أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أي من الآتية ليست من خصائص القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مسار دائري داخل مجال مغناطيسي منتظم:

- أ- يتغير اتجاهها بحيث تبقى عمودية على متجهي المجال والسرعة.
- ب- تعمل على تغيير اتجاه السرعة مع بقاء مقدار السرعة ثابت.
- ج- تكسب الشحنة تسارعا اتجاهه نحو مركز المسار الدائري.
- د- تبذل شغلا على الشحنة يعمل على زيادة طاقتها الحركية.

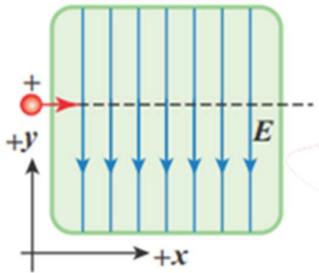


2. في الشكل المجاور قطبان مغناطيسيان

مختلفان متجاوران، والنقطتان (a, b) تقعان في المجال المغناطيسي للقطين، إذا أدخل إلكترون إلى منطقة المجال، فإنه يتأثر بأكبر قوة مغناطيسية عندما يتحرك بسرعة (v) لحظة مروره من النقطة:

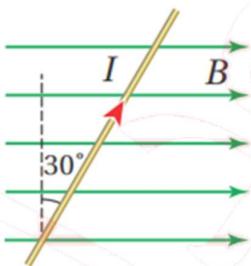
- أ- a ، باتجاه $(+x)$.
- ب- b ، باتجاه $(+x)$.
- ج- a ، باتجاه $(+y)$.
- د- b ، باتجاه $(+y)$.

3. يتحرك أيون موجب باتجاه محور $(+x)$ ، داخل غرفة مفرغة فيها مجال كهربائي باتجاه $(-y)$ ، كما في الشكل. في أي اتجاه يجب توليد مجال مغناطيسي بحيث يمكن أن يؤثر في



الجسيم بقوة تجعله لا ينحرف عن مساره؟

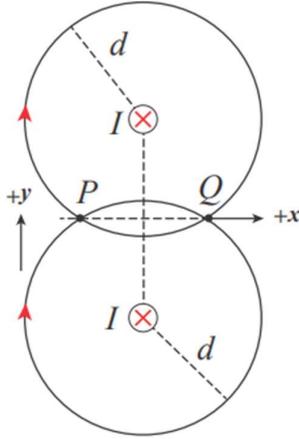
- أ- باتجاه محور $(+y)$ ، للأعلى.
- ب- باتجاه محور $(-y)$ ، للأسفل.
- ج- باتجاه محور $(+z)$ ، نحو الناظر.
- د- باتجاه محور $(-z)$ ، بعيدا عن الناظر.



4. موصل مستقيم يحمل تيارا $(I = 8.0 A)$ ، وموضوع في مجال مغناطيسي $(B = 0.20 T)$ ، كما في الشكل القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل مقدارا واتجاهه:

- أ- $0.80 N/m$ ، $+z$
- ب- $0.80 N/m$ ، $-z$
- ج- $1.39 N/m$ ، $+z$
- د- $1.39 N/m$ ، $-z$

5. عندما يتحرك جسيم مشحون حركة دائرية في مجال مغناطيسي منتظم؛ فإن نصف قطر المسار الدائري للجسيم يزداد:
- أ- بزيادة المجال وزيادة الشحنة.
 ب- بزيادة الكتلة ونقص المجال.
 ج- بنقص الكتلة ونقص السرعة.
 د- بنقص الكتلة وزيادة المجال.



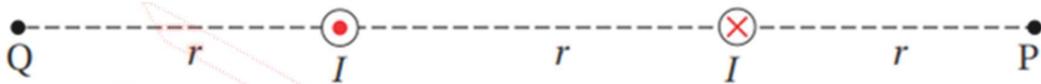
6. سلكان مستقيمان متوازيان لانهايا الطول يحملان تيارين متساويين وباتجاه $(-z)$ داخل الصفحة؛ النقطتان (P, Q) تبعدان عن السلكين مسافات متساوية، كما في الشكل. كيف يكون اتجاه المجال المغناطيسي المحصل عند النقطتين (P, Q) ؟

- أ- عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(+y)$.
 ب- عند (P) باتجاه $(-x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.
 ج- عند (P) باتجاه $(+x)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-x)$.
 د- عند (P) باتجاه $(+y)$ ، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.

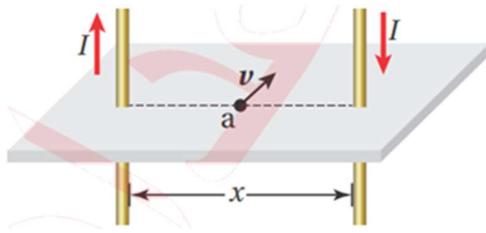
7. يعمل العاكس في المحرك الكهربائي على عكس اتجاه التيار المار في الملف كل نصف دورة، وهذا يؤدي إلى أن:

- أ- تبقى القوى المغناطيسية المؤثرة في أضلاع الملف بالاتجاه نفسه، فيواصل دورانه باتجاه واحد.
 ب- تبقى القوى المغناطيسية المؤثرة في أضلاع الملف بالاتجاه نفسه، فينعكس اتجاه دورانه.
 ج- تنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة في أضلاع الملف، فيواصل دورانه باتجاه واحد.
 د- تنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة في أضلاع الملف، فينعكس اتجاه دورانه.

8. موصلان متوازيان يمر فيهما تياران متساويان وبالاتجاهات المبينة في الشكل، عند مقارنة المجال المغناطيسي المحصل عند النقطتين (P) و (Q) من حيث المقدار والاتجاه نجد أن:



- أ- $(B_P) = (B_Q)$ ، وبالاتجاه نفسه.
 ب- $(B_P) = (B_Q)$ ، وباتجاهين متعاكسين.
 ج- $(B_P) \neq (B_Q)$ ، وبالاتجاه نفسه.
 د- $(B_P) \neq (B_Q)$ ، وباتجاهين متعاكسين.



❖ سلكان طويلان يحملان تيارين متساويين أحدهما باتجاه $(+y)$ والآخر باتجاه $(-y)$ المسافة بين السلكين (x) ، والنقطة (a) تقع في منتصف المسافة بينهما. معتمدا على البيانات المثبتة في الشكل أجب عن الفقرتين الآتيتين:

9. المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) :

الف - $\frac{\mu_0 I}{2\pi x}$ ب - $\frac{\mu_0 I}{\pi x}$ ج - $\frac{2\mu_0 I}{\pi x}$ د - صفر

10. القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في جسيم شحنته (q) لحظة مروره بالنقطة (a)

بسرعة (v) باتجاه $(-z)$ تساوي:

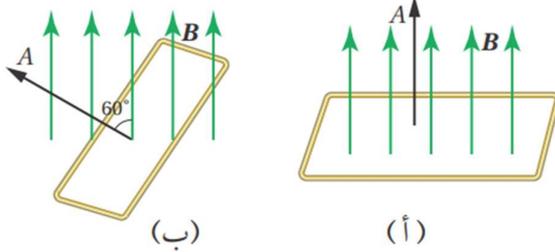
الف - $\frac{\mu_0 I q v}{2\pi x}$ ب - $\frac{\mu_0 I q v}{\pi x}$ ج - $\frac{2\mu_0 I q v}{\pi x}$ د - صفر

11. ملف لولبي طوله (l) ويمر فيه تيار كهربائي (I) ، ومقدار المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة داخله يساوي (B) ، إذا أصبح التيار المار فيه $(2I)$ وطول الملف $(2l)$ مع بقاء عدد لفاته ثابت فإن مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة نفسها:

الف - $0.25 B$ ب - $0.5 B$ ج - B د - $2 B$

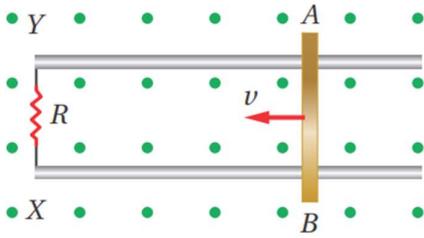
12. حلقة مستطيلة الشكل مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل (أ)، حيث

التدفق عبرها (0.1 Wb) . أديرت الحلقة كما في الشكل (ب)، خلال (0.2 s) . فإن المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة بوحدة (Wb/s)



يساوي:

الف - 0.25 ب - -0.25 ج - 0.05 د - -0.05



❖ موصل مستقيم (AB) يتحرك على مجرى فلزي بسرعة ثابتة (v) باتجاه محور $(-x)$ عموديا على مجال مغناطيسي منتظم. معتمدا على الشكل أجب عن الفقرتين الآتيتين:

13. شحنة الطرف (A) ، واتجاه التيار في المقاومة (R) :

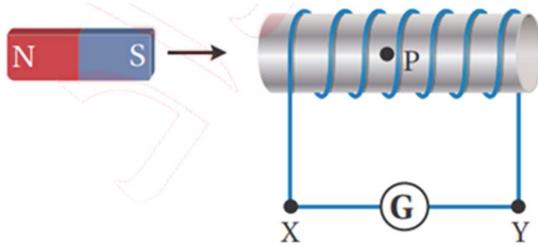
- ا- موجبة، من (X) إلى (Y) .
 ب- سالبة، من (X) إلى (Y) .
 ج- موجبة، من (Y) إلى (X) .
 د- سالبة، من (Y) إلى (X) .

14. عندما يتحرك الموصل بسرعة (v) يمر في المقاومة (R) تيار حثي مقداره (I) . عند مضاعفة مقدار سرعة الموصل، ونقصان المقاومة إلى النصف، فإن التيار المار في المقاومة

يساوي:

- ا- $0.5 I$ ب- I ج- $2 I$ د- $4 I$

15. في أثناء حركة المغناطيس المبين في الشكل المجاور نحو الملف، يتولد في الملف تيار كهربائي حثي ومجال مغناطيسي حثي العبارة الصحيحة التي تصف اتجاه التيار المار في الغلفانوميتر، واتجاه المجال الحثي عند النقطة (P) التي تقع داخل الملف هي:



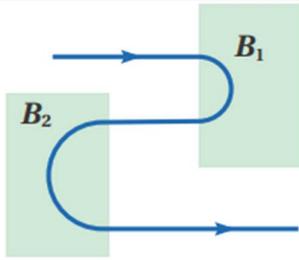
المجال الحثي عند (P)	التيار الحثي	
يمين	من (X) إلى (Y)	ا-
يسار	من (X) إلى (Y)	ب-
يمين	من (Y) إلى (X)	ج-
يسار	من (Y) إلى (X)	د-

16. محث (L) ومقاومة (R) ، يتصلان على التوالي مع بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (\mathcal{E}) . عند غلق الدارة ينمو التيار الكهربائي مع الزمن حتى يصل إلى قيمته

العظمى (I_{max}) . القيمة العظمى للتيار تعتمد على:

- ا- محثة المحث (L) فقط.
 ب- المقاومة (R) فقط.
 ج- محثة المحث (L) والقوة الدافعة الكهربائية (\mathcal{E}) .
 د- المقاومة (R) والقوة الدافعة الكهربائية (\mathcal{E}) .

(2) **أستنتج:** كيف يمكن استخدام جسيم مشحون لتمييز منطقة محدّدة: إن كانت منطقة مجال مغناطيسي أم مجال كهربائي؟ أوضح إجابتي بمثال.

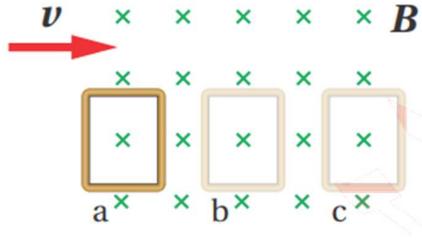


(3) **أستنتج:** يبين الشكل المجاور مسار إلكترون في أثناء مروره عبر منطقتين تحتويان على مجالين مغناطيسيين منتظمين (B_1) و (B_2)، حيث يسلك الإلكترون في كلا المنطقتين مسارا على شكل نصف دائرة.

أ- أحدد اتجاه كل مجال.

ب- أي المجالين أكبر مقدارا؟ أفسر إجابتي.

ج- أقرن بين الزمن الذي يستغرقه الإلكترون العبور منطقة المجال (B_1) والزمن اللازم لعبوره منطقة المجال (B_2). موضعا إجابتي.



(4) أستنتج: حلقة فلزية مستطيلة الشكل تقع في

المستوى xy ، وتتحرك باتجاه محور x بسرعة

متجهة ثابتة، فتدخل منطقة مجال مغناطيسي

منتظم باتجاه محور $-z$ ، كما في الشكل المجاور.

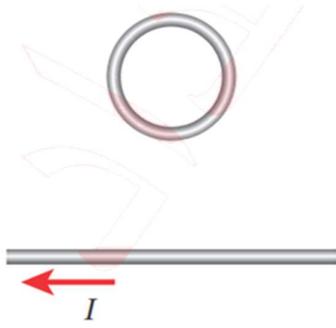
وتمثل الرموز a و b و c مرحلة دخول الحلقة منطقة

المجال المغناطيسي، ومرحلة حركتها داخله، ومرحلة خروجها من منطقة المجال

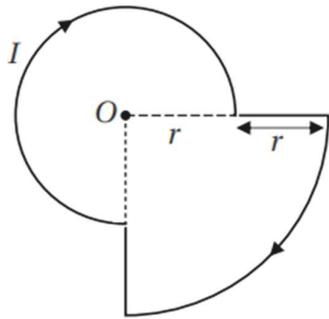
المغناطيسي، على الترتيب. أجب عما يأتي:

أ- أي المراحل الثلاث يتولد فيها قوة دافعة كهربائية والتيار الكهربائي حتي في الحلقة؟ أفسر إجابتي.

ب- أحدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في كل مرحلة إن وجد، مفسراً إجابتي.

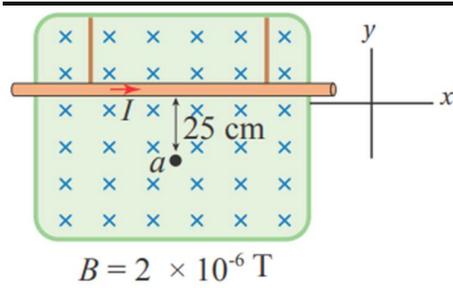


- (5) أفسر:** حلقة موصلة وضعت بالقرب من سلك موصل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي (I) لجهة اليسار كما في الشكل المجاور. أعدد لكل حالة من الحالات الآتية، هل يمر تيار كهربائي حتي في الحلقة أم لا؟ وأحدد اتجاهه.
- أ- عندما تتحرك الحلقة رأسياً إلى الأسفل باتجاه السلك.
- ب- في أثناء إنقاص التيار الكهربائي المار في السلك مع بقاء الحلقة ثابتة.
- ج- عندما تتحرك الحلقة أفقياً بموازاة طول السلك لجهة اليسار.



- (6) استخدم الأرقام:** بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل المجاور، وإذا علمت أن ($r = 3 \text{ cm}$) وأن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (O) يساوي ($3.5 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$) أحسب مقدار التيار المار في السلك.

(7) **أستخدم الأرقام:** أيون موجب شحنته (+e) يكمل 5 دورات في مجال مغناطيسي منتظم $(5.0 \times 10^{-2} T)$ خلال مدة زمنية $(1.5 ms)$. أحسب كتلة الأيون بوحدة (kg) .

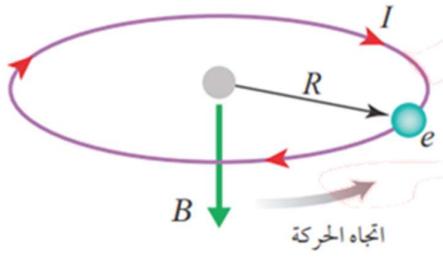


(8) **أستخدم الأرقام:** موصل مستقيم لانهائي الطول

يحمل تيارا كهربائيا $(4 A)$ ؛ معلق أفقيًا داخل مجال مغناطيسي كما في الشكل. اعتمادا على بيانات الشكل؛ أحسب ما يأتي:

أ- المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) .
 ب- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل المستقيم.

ج- القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في جسيم شحنته موجبة مقدارها $(2 \times 10^{-6} C)$ لحظة مروره بالنقطة (a) بسرعة $(6 \times 10^4 m/s)$ باتجاه محور $(-y)$.

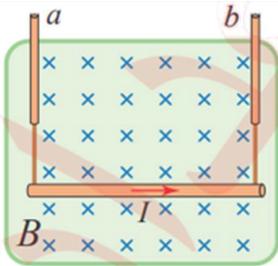


9) **أستخدم الأرقام:** أفترض أن إلكترون ذرة الهيدروجين

يدور حول النواة (البروتون) في مسار دائري نصف قطره $(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})$ تحت تأثير القوة

الكهربائية بينهما. تشكل حركة الإلكترون تياراً كهربائياً (اصطلاحياً) في حلقة دائرية بعكس اتجاه

حركته، كما في الشكل، أحسب مقدار المجال المغناطيسي (B) الناتج عن هذه الحركة، علماً بأن الزمن الدوري لحركة الإلكترون $(1.46 \times 10^{-16} \text{ s})$.



10) **أستخدم الأرقام:** موصل مستقيم الشكل طوله (0.45 m)

وكتلته (60 g) ، في وضع أفقي معلق بواسطة سلكين رأسيين

(a, b) ينقلان له تياراً كهربائياً مقداره (5 A) . حيث

$$(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$$

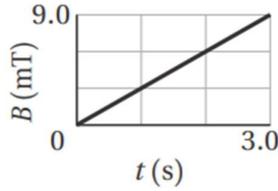
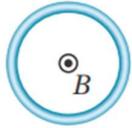
أ- أحسب أقل مقدار للمجال المغناطيسي الذي يتعامد مع الموصل

بحيث يجعل الشد في السلكين صفراً.

ب- أحسب مجموع الشد الكلي في السلكين المذكورين عندما ينعكس اتجاه التيار الكهربائي

في الموصل.

11) أستخدم الأرقام: حلقة دائرية موصلة نصف قطرها (0.10 m) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.15 T) ، على أن يكون مستواها عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي. سحبت الحلقة من طرفين متقابلين فيها، فتغير شكلها، وأصبحت مساحتها $(3.0 \times 10^{-2}\text{ m}^2)$ خلال (0.20 s) أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة خلال هذه المدة الزمنية.



12) أستنتج: بين الشكل حلقة فلزية مساحة مقطعها

العرضي $(8.0 \times 10^{-24}\text{ m})$ موضوعة في مجال

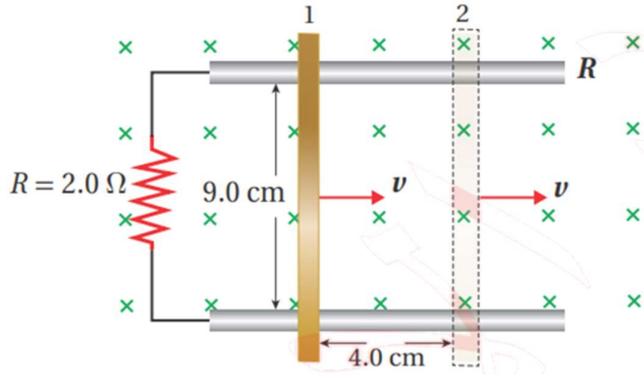
مغناطيسي منتظم باتجاه محور $(+z)$ ، يتغير

مقداره بانتظام، والرسم البياني يبين تغير المجال

مع الزمن. فيتولد في الحلقة تيار حثي مقداره $(2.0 \times 10^{-3}\text{ A})$.

أ- أحدد اتجاه التيار الحثي المار في الحلقة.

ب- أحسب مقاومة الحلقة .



(13) أستخدم الأرقام: موصل مستقيم

طوله (9.0 cm) مغمور داخل

مجال مغناطيسي منتظم مقداره

(0.20 T) . سحب الموصل بسرعة

ثابتة مسافة (4.0 cm) خلال مدة

زمنية (0.10 s) من الموضع (1)

إلى الموضع (2). أحسب مقدار

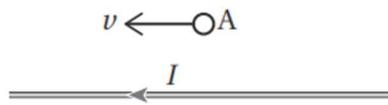
التيار المار في المقاومة $(R = 2.0\ \Omega)$ وأحدد اتجاهه.



أسئلة تفكير

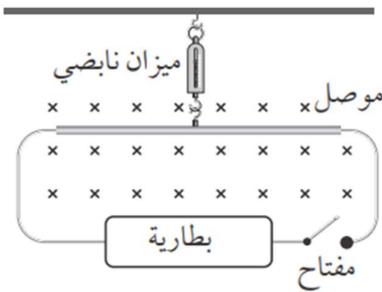
1) أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. موصل طويل يمر فيه تيار كهربائي بالاتجاه المبين على الشكل. لحظة مرور إلكترون من النقطة (A) بسرعة (v) وباتجاه موازي للموصل فإن القوة المغناطيسية المؤثرة في



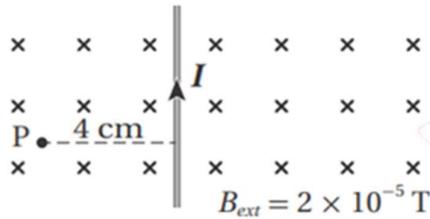
الإلكترون:

- أ- باتجاه (-z) ب- باتجاه (-y)
ج- باتجاه (+y) د- صفر.



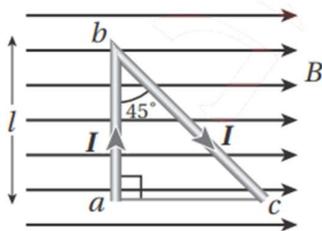
2. موصل مستقيم طوله (20 cm) علق في ميزان نابضي وغمر في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.5 T) عمودي على الصفحة نحو الداخل. قراءة الميزان والدارة مفتوحة (0.1 N)، وعند اغلاق المفتاح أصبحت قراءته (0.2 N). فإن التيار الكهربائي المار في الموصل واتجاه سريانه في الموصل:

- أ- 1 A, +x ب- 1 A, -x ج- 2 A, +x د- 3 A, -x



3. موصل مستقيم لا نهائي الطول موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (2.0 x 10^-5 T) وعمودي على الصفحة نحو الداخل، كما يبين الشكل. إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P) يساوي (3.0 x 10^-5 T) عمودي على الصفحة نحو الخارج، فإن التيار الكهربائي المار في الموصل:

- أ- 10 A ب- 1.5 A ج- 1.0 A د- 0.5 A



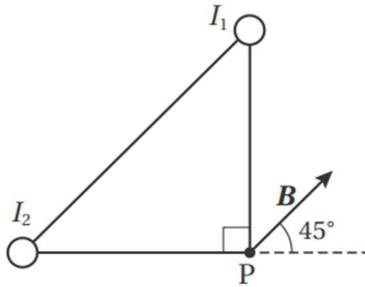
4. موصل (abc) يمر فيه تيار (I) وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم (B). طول (ab) يساوي (l) كما هو موضح في الشكل. النسبة بين مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجزء (ab) ومقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجزء (bc) (F_ab / F_bc) تساوي:

- أ- 1/√2 ب- √2/1 ج- 1/1 د- 2/3

5. موصلان مستقيمان متوازيان البعد بينهما (0.3 m) ، مقدار التيار المار في أحدهما ثلاثة أمثال الآخر. إذا علمت أن المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (P) يساوي صفراً، فإن البعد (r) بين النقطة والموصل الأيمن، واتجاه التيار (I_1) :



أ- (15 cm) , $(+z)$ ب- (15 cm) , $(-z)$ ج- (10 cm) , $(+z)$ د- (10 cm) , $(-z)$

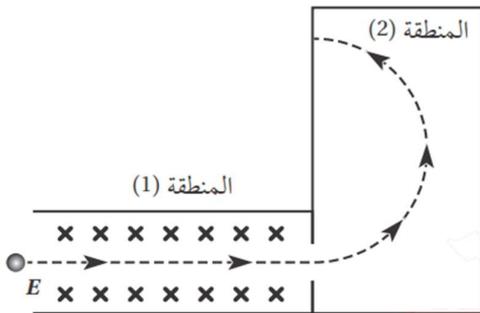


6. موصلان مستقيمان لانهايا الطول متوازيان ويمر فيهما تياران متساويان، وضعا عند رأسي مثلث قائم الزاوية. النقطة (P) تبعد المسافة نفسها عن الموصليين، كي يكون اتجاه المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة كما هو مبين في الشكل، فإن اتجاهي التيارين المارين في الموصليين:

أ- $I_1: (-z), I_2: (+z)$ ب- $I_1: (-z), I_2: (-z)$

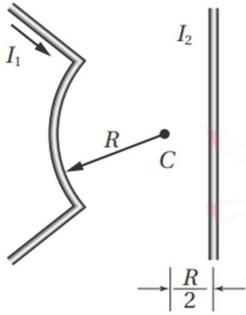
ج- $I_1: (+z), I_2: (+z)$ د- $I_1: (+z), I_2: (-z)$

7. أدخل إلكترون يتحرك باتجاه محور $(+x)$ إلى المنطقة (1) التي تحتوي مجال كهربائي (E) باتجاه $(-z)$ ، ومجال مغناطيسي (B_1) ، ثم أدخل مباشرة إلى المنطقة (2) التي تحتوي مجال مغناطيسي فقط (B_2) . كي يتحرك الإلكترون عبر المسار المبين في الشكل



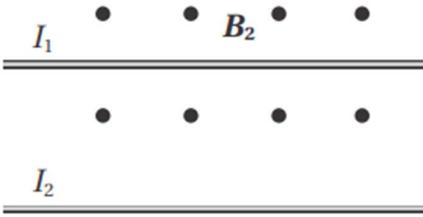
فإن اتجاهي (B_1) و (B_2) :

المنطقة 2	المنطقة 1	
$+z$	$+y$	أ-
$+z$	$-y$	ب-
$-z$	$+y$	ج-
$-z$	$-y$	د-



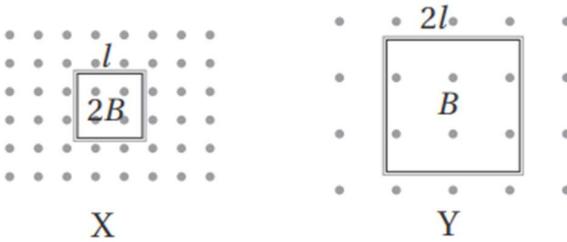
8. يبين الشكل المجاور سلكان لا نهائيا الطول. السلك الأول يمر فيه تيار ($I_1 = 2.0 A$) بالاتجاه الموضح على الشكل، ويحتوي على قوس يشكل سدس دائرة نصف قطرها (R) ومركزها (C)، و السلك الثاني يبعد ($\frac{R}{2}$) عن النقطة (C). كي يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (C) صفرًا؛ فإن مقدار التيار (I_2) بوحدة (A) واتجاهه:

- أ- $\frac{\pi}{6}$ ، باتجاه محور ($+y$)
 ب- $\frac{\pi}{6}$ ، باتجاه محور ($-y$)
 ج- $\frac{6}{\pi}$ ، باتجاه محور ($+y$)
 د- $\frac{6}{\pi}$ ، باتجاه محور ($-y$)



9. يبين الشكل المجاور سلكان مستقيمان متوازيان لانهايا الطول يسري فيهما تياران كهربائيان فينشأ بينهما قوة تنافر مغناطيسية. إذا علمت أن السلك الأول (I_1) يقع في المجال المغناطيسي (B_2) الناشئ عن تيار السلك الثاني (I_2)، فإن اتجاهي التيارين في السلكين:

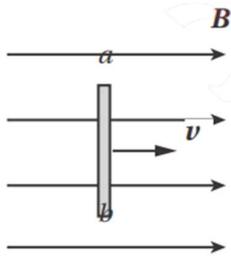
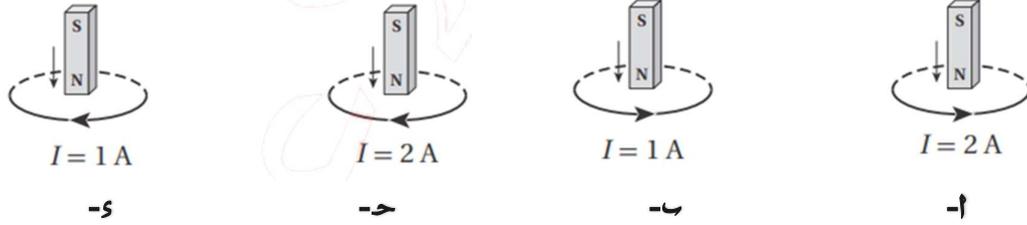
- أ- (I_1) باتجاه ($+x$)، (I_2) باتجاه ($-x$)
 ب- (I_1) باتجاه ($-x$)، (I_2) باتجاه ($+x$)
 ج- (I_1, I_2) باتجاه ($+x$)
 د- (I_1, I_2) باتجاه ($-x$)



10. يبين الشكل المجاور حلقتان مربعتان، الحلقة (X) طول ضلعها (l) وموضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره ($2B$)، والحلقة (Y) طول ضلعها ($2l$) وموضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B). سحبت كلا الحلقتين خارج المجال في مدة زمنية (Δt). نسبة القوة الدافعة الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقتين: ($\frac{\epsilon_X}{\epsilon_Y}$):

- أ- 2
 ب- 1
 ج- $\frac{1}{2}$
 د- $\frac{1}{4}$

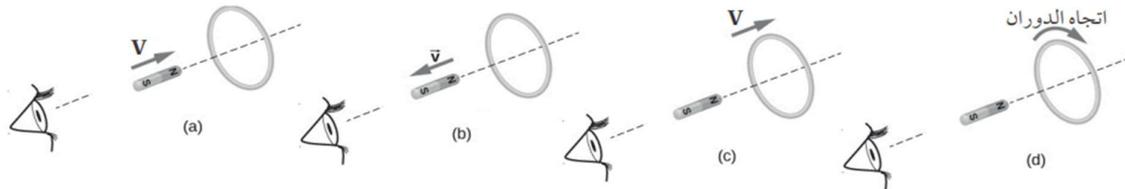
11. ملف دائري عدد لفاته (1000) لفة ومقاومته (10Ω) موضوع أفقياً، أسقط نحوه مغناطيس فتغير التدفق المغناطيسي عبر الملف من ($2.5 \times 10^{-3} Wb$) إلى ($11.5 \times 10^{-3} Wb$) خلال مدة زمنية ($0.45 s$). فإن الشكل الذي يوضح مقدار واتجاه التيار الحثي الناشئ في الملف هو:



12. مجال مغناطيسي منتظم باتجاه ($+x$)، كما هو مبين في الشكل المجاور. عند سحب موصل مستقيم (ab) داخل المجال إلى اليمين بسرعة ثابتة، فإن نوع الشحنة المتكونة على كل من طرفيه:

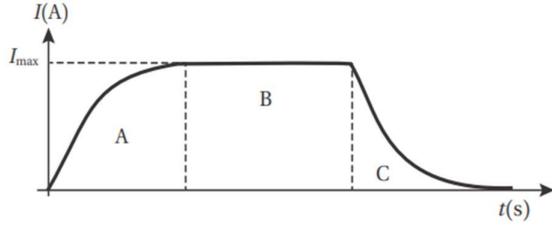
- ا- (a) موجب، (b) سالب.
- ب- (a) سالب، (b) موجب.
- ج- (a) صفر، (b) موجب.
- د- (a) صفر، (b) صفر.

13. بالنسبة للناظر المبين في الشكل المجاور، يتولد في الحلقة حثي باتجاه حركة عقارب الساعة في الحالة / الحالات:



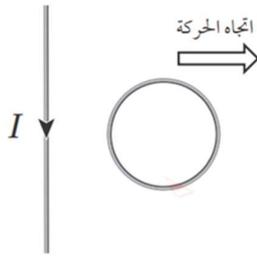
- ا- (b) و (C) فقط
- ب- (b) و (C) فقط
- ج- (A) و (C) فقط
- د- (b) فقط

14. يبين الشكل التمثيل البياني لعلاقة التيار الكهربائي والزمن لدارة تتكون من محث ومقاومة وبطارية. العبارة الصحيحة التي تصف التدفق المغناطيسي (Φ) ، والقوة الدافعة الحثية (\mathcal{E}') في الفترة (B):

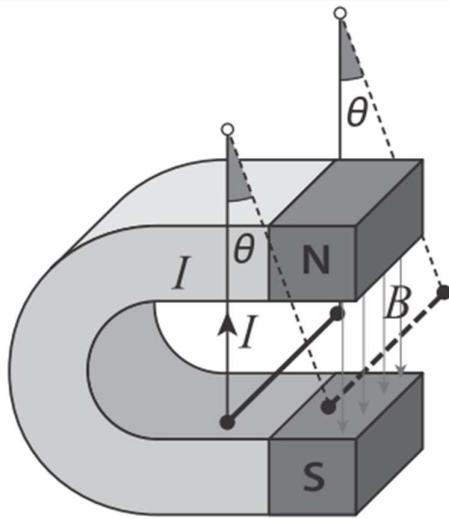


- أ- (Φ) يساوي صفراً، و (\mathcal{E}') تساوي صفراً.
 ب- (Φ) قيمة عظمى، و (\mathcal{E}') تساوي صفراً.
 ج- (Φ) قيمة عظمى، و (\mathcal{E}') قيمة عظمى.
 د- (Φ) يساوي صفراً، و (\mathcal{E}') قيمة عظمى.

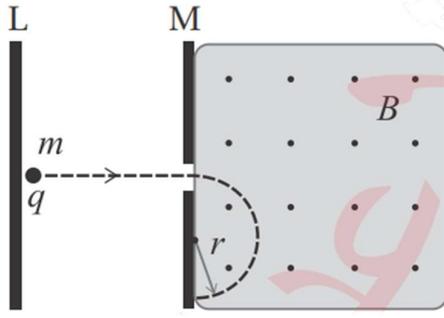
15. موصل مستقيم يمر فيه تيار كهربائي بالاتجاه المبين في الشكل، عند تحريك الحلقة لجهة اليمين، فإن التيار التناح الحركه الكهربي الحثي المتولد فيها يكون:



- أ- باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.
 ب- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
 ج- باتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة النقصان في التدفق.
 د- عكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لمقاومة الزيادة في التدفق.

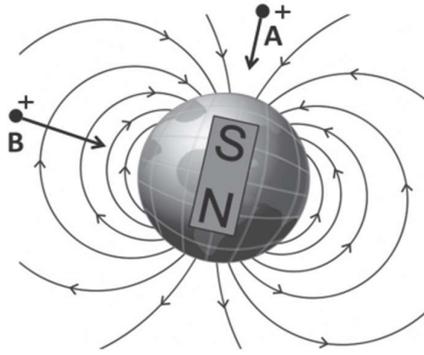


2) سلك طوله (5.0 cm) وكتلته (50 g) ، معلق بواسطة سلكين رفيعين مهملي الكتلة، بين قطبي مغناطيس يولد مجالا مغناطيسيا منتظما. كما في الشكل. عندما يسري في السلك تيار كهربائي (10 A) ينحرف عن العمودي بزاوية $(\theta = 14^\circ)$. ما مقدار المجال المغناطيسي؟

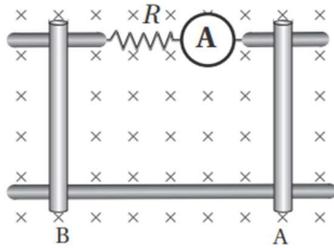


3) في تجربة باستخدام مطياف الكتلة؛ أدخل جسيم مشحون مجالاً كهربائياً منتظماً في الحيز بين الصفيحتين (L) و (M)، فتسارع حتى أصبحت سرعته النهائية $(5.9 \times 10^7 \text{ m/s})$ ، عندما وصل عند الصفيحة (M)، ثم سمح للجسيم بدخول مجال مغناطيسي منتظم مقداره (16 T) ، واتجاهه خارج من الصفحة وعمودي عليها، كما في الشكل. فاتخذ الجسيم مساراً دائرياً نصف قطره (10 cm) . أجب عما يأتي:

- أ- ما نوع الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسيم؟
- ب- ما اتجاه المجال الكهربائي الذي استخدم لتسريع الجسيم؟
- ج- ما مقدار تسارع الجسيم داخل المجال المغناطيسي؟
- د- ما نسبة كتلة الجسيم إلى شحنته؟



4) لوحظ أن الجسيمات المشحونة القادمة من الفضاء الخارجي والتي تعرف بالأشعة الكونية تضرب الأرض من جهتي القطبين، كالجسيم (A) في الشكل، بينما الجسيمات القادمة من محيط خط الاستواء، مثل الجسيم (B) لا تصل إلى الأرض. كيف أفسر ذلك اعتماداً على معرفتي بخصائص المجال المغناطيسي للأرض.



5) موصلان فلزيان (A) و (B) قابلان للحركة على مجرى فليزي، غمرت جميعها في مجال مغناطيسي منتظم كما يبين الشكل. أحدد لكل حالة مما يأتي هل سينشأ تيار حثي أم لا؟ ثم أحدد اتجاهه (مع أو عكس اتجاه عقارب الساعة).

أ- تحريك الموصل (B) باتجاه محور ($-x$) مع بقاء الموصل (A) ساكناً.

ب- تحريك الموصلين باتجاه محور ($+x$) بالسرعة نفسها.

ج- تحريك الموصلين بالسرعة نفسها؛ الموصل (A) باتجاه محور ($+x$) والموصل (B) باتجاه محور ($-x$).