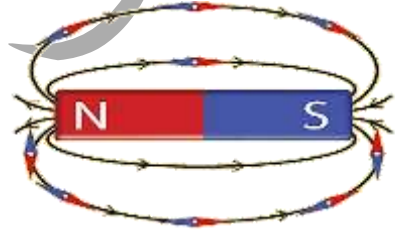


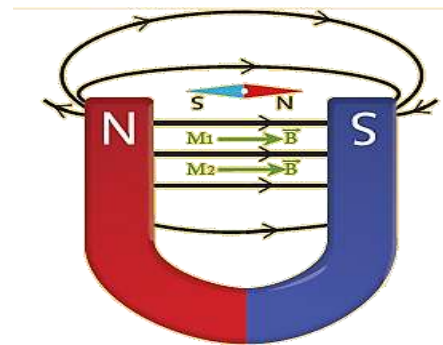
## المغناطيسية

**الحقل المغناطيسي:** هو منطقة إذا وُضعت فيها إبرة مغناطيسية حرة الحركة، فإنها تخضع لأفعال مغناطيسية وتأخذ الإبرة المغناطيسية منحى واتجاهاً معينين بتأثير الحقل المغناطيسي.

- خطوط الحقل المغناطيسي هي خطوط وهمية مماسة في كل نقطة من تقاطع شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة.
- تتجه خطوط الحقل المغناطيسي خارج المغناطيس من قطبه الشمالي إلى قطبه الجنوبي، وتكمل دورتها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي.



- تأخذ خطوط الحقل المغناطيسي بين قطبي المغناطيس النضوي شكل خطوط مستقيمة متوازية، ولها الجهة نفسها، ثم تنحني خارج قطبي المغناطيس.
- يكون الحقل المغناطيسي منتظماً إذا كانت أشعة الحقل متوازية، ولها الشدة نفسها، والجهة ذاتها (متسايرة فيما بينها).



كيف يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي  $\vec{B}$  في نقطة من الحقل؟

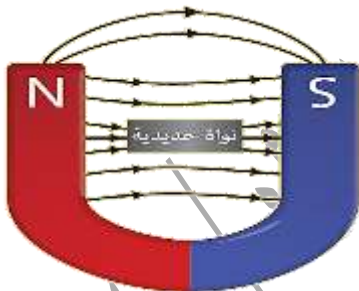
يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي لمغناطيس بواسطة إبرة مغناطيسية موضوعة في النقطة المراد تعيين شعاع الحقل المغناطيسي  $\vec{B}$  فيها بعد استقرارها:

**الحامل:** المستقيم الواصل بين قطبي الإبرة المغناطيسية.

**الجهة:** من القطب الجنوبي للإبرة إلى قطبها الشمالي.

**الشدة:** يستدل عليها من خلال سرعة اهتزاز الإبرة المغناطيسية في تلك النقطة فيازدياد شدة الحقل المغناطيسي تزداد سرعة اهتزاز الإبرة وتقدر في الجملة الدولية بوحدة التيسلا  $T$ .

**الحقل المغناطيسي بوجود الحديد:**



عند وضع نواة حديدية بين قطبي مغناطيس نضوي نلاحظ:

- تقارب برادة الحديد عند طرفي النواة الحديدية وتكاثف خطوط الحقل المغناطيسي ضمن النواة الحديدية.
- **التعليل:** تـمـغـنـط نواة الحديد، ويتولد منها حقلاً مغناطيسياً  $\vec{B}_t$

إضافياً يُضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي

المغـنـط  $\vec{B}$  فيشكـل حقلاً مغناطيسياً كلياً  $\vec{B}_t$ .

- يُستفاد من وضع النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس النضوي في زيادة شدة الحقل المغناطيسي.

## عامل النفاذية المغناطيسي $\mu$ :

نسمي النسبة بين قيمة الحقل الكلي  $\vec{B}_t$  بوجود النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس إلى قيمة الحقل المغناطيسي الأصلي (المغنت)  $\vec{B}$  بعامل النفاذية المغناطيسي أي:  $\mu = \frac{B_t}{B}$

$\mu$ : عامل النفاذية المغناطيسي لا وحدة قياس له.

$B_t$ : شدة الحقل المغناطيسي الكلي يقاس بالتسلا T.

$B$ : شدة الحقل المغناطيسي المغنت يقاس بالتسلا T.

• يتعلق عامل النفاذية المغناطيسي بعاملين، هما:

-a طبيعة المادة من حيث قابليتها للمغطة.

-b شدة الحقل المغناطيسي المغنت  $\vec{B}$ .

## الحقل المغناطيسي الأرضي:

- اعتقد العلماء بداية أن المواد المغناطيسية في الأرض مسؤولة

عن مغناطيسية الأرض، لكن درجات الحرارة العالية جداً

في جوف الأرض تجعل من الصعب الحفاظ على

مغناطيسية دائمة للمواد الحديدية في باطن الأرض.

- ويعزو العلماء مغناطيسية الأرض إلى الشحنات المتحركة في

سوائل جوف الأرض (أيونات موجبة، وإلكترونات سالبة) التي تولد

بحركتها تيارات كهربائية داخل الأرض ينشأ عنها حقول مغناطيسية.

## عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة:



• تسلك الأرض سلوك مغناطيس مستقيم كبير، منتصفه في مركزها.

• ميل محور الأقطاب المغناطيسية قرابة  $11^\circ$  عن محور

دوران الأرض المنطبق على (الشمال - الجنوب)

الجغرافي.

• قطباها المغناطيسيان لا يطابقان قطبيها الجغرافيين

أي أن القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض يقع

بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي، والقطب

المغناطيسي الشمالي للأرض يقع قرب القطب الجنوبي

الجغرافي للأرض.

• تسمى الزاوية بين مستوى الإبرة وخط الأفق زاوية الميل  $\theta$ .

• عند وضع إبرة مغناطيسية محور دورانها أفقي عند أحد

القطبين الجغرافيين فإنها تستقر بوضع شاقولي أي

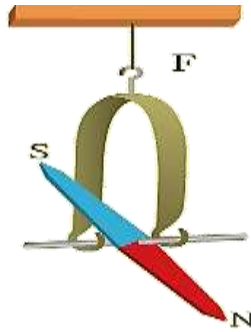
تصنع مع خط الأفق زاوية ميل قياسها  $90^\circ$  تقريباً.

• وعند نقل الإبرة إلى خط الاستواء فإنها تنطبق على الأفق،

أي أن قياس زاوية ميل الإبرة مع خط الأفق يساوي

الصففر.

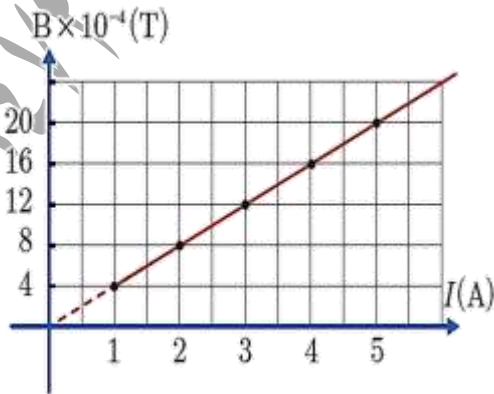
- تأخذ الإبرة المغناطيسية بوسيلة محور دورانها شاقولي<sup>٤</sup>
- منحى المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي  $\vec{B}_H$  في مستوى الزوال المغناطيسي.
- في حين تأخذ الإبرة حرة الحركة منحى الحقل المغناطيسي الكلي  $\vec{B}$ .



### الحقول المغناطيسية للتيارات الكهربائية:

- إن شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي تتناسب طرذاً وشدة التيار المار في الدارة.
- الخط البياني الممثل لتغيرات شدة الحقل المغناطيسي بدلالة شدة التيار مستقيم يمر من المبدأ، ميله  $K$  يساوي:

$$K = \frac{B}{I} \Rightarrow B = kI$$



- وعند وضع إبرة مغناطيسية محور دورانها شاقولي<sup>٤</sup> بعيدة عن أي تأثير مغناطيسي يمكنها الدوران بحرية في مستو أفقي<sup>٤</sup> فإنها تستقر موازية لخط أفقي يسمى خط الزوال المغناطيسي.
- تسمى الزاوية المحصورة بين خط مستو الزوال المغناطيسي وخط مستو الزوال الجغرافي للأرض زاوية الانحراف المغناطيسي.
- ويتغير مقدارها بين  $(0^\circ - 180^\circ)$ .



- تتغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من منطقة لأخرى على سطح الأرض حسب موقعها الجغرافي.
- ويقع شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في مستوى الزوال المغناطيسي (وهو المستوى المعروف بخط الزوال المغناطيسي ومركز الأرض).
- يُعين شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي بواسطة زاويتي الميل والانحراف لتحديد منحى واتجاه الإبرة المغناطيسية.
- يمكن تحليل شعاع الحقل المغناطيسي إلى مركبتين:

(1) مركبة أفقية  $\vec{B}_H$ : شدتها  $B_H = B \cos i$

(2) مركبة شاقولية  $\vec{B}_V$ : شدتها  $B_V = B \sin i$

• بينت الدراسات أن قيمة  $k$  تتأثر بعاملين:

**الأول:** الطبيعة الهندسية للدائرة  $k'$ : شكل الدائرة، وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدائرة.

**الثاني:** عامل النفاذية المغناطيسي  $\mu_0$ : وقيمته في الخلاء

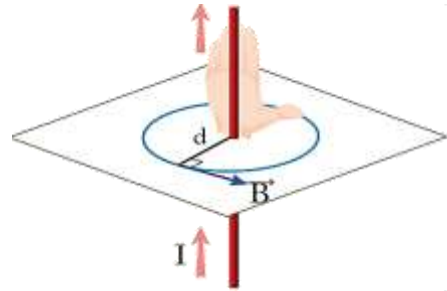
في جملة الوحدات الدولية:  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T.m.A^{-1}$

• بناءً على ما سبق يمكن أن نكتب علاقة شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي بالشكل:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} k' I$$

B شدة الحقل المغناطيسي (T) - I شدة التيار (A)  
 $k'$  ثابت يتعلق بالطبيعة الهندسية للدائرة.

**الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل:**



**عناصر شعاع الحقل المغناطيسي** في نقطة n تبعد مسافة d عن محور السلك:

**الحامل:** عمودي على المستوى المعين بالسلك والنقطة المعتبرة.

**الجهة:** تحدد عملياً بواسطة إبرة مغناطيسية صغيرة نضعها في

النقطة المعتبرة، وتكون جهة شعاع الحقل  $\vec{B}$  من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي للإبرة بعد أن تستقر.

أما نظرياً فإنها تحدّد بقاعدة اليد اليمنى:

نضع ساعد اليد اليمنى يوازي السلك ويدخل التيار من الساعد ويخرج من نهايات الأصابع ونوجه باطن الكف نحو النقطة المدروسة فتشير إبهام اليد اليمنى إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

**الشدة:** إن شدة الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل

تناسب طرداً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه I، وعكساً مع بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك d، ويُعطى بالعلاقة:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} K' I \text{ لكن } K' = \frac{1}{2\pi d}$$

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} \text{ نعوض:}$$

I شدة التيار الكهربائي (A) - B شدة الحقل المغناطيسي (T)  
 d بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك (m).

**تطبيق (1):** نمرّر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته 10 A في سلك طويل مستقيم موضوع أفقياً في مستوى الزوال المغناطيسي الأرضي المار من مركز إبرة مغناطيسية صغيرة يمكنها أن تدور حول محور شاقولي موضوعة تحت السلك على بُعد 50 cm من محوره.

(1) شدة الحقل المغناطيسي عند مركز الإبرة المغناطيسية الناتج عن مرور التيار.

(2) قيمة زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية باعتبار أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي  $2 \times 10^{-5} T$ .

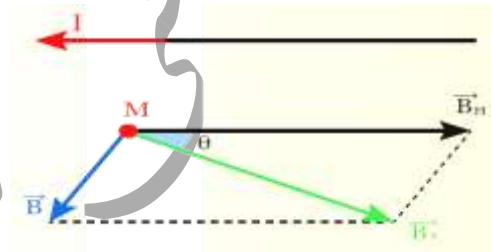
الحل:

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} = 2 \times 10^{-7} \frac{10}{0.5} \quad (1)$$

$$B = 4 \times 10^{-6} T$$

(2) قبل إمرار التيار تستقر الإبرة وفق منحى المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي  $\vec{B}_H$ .

بعد مرور التيار تولد حقل مغناطيسي  $\vec{B}$ ، يؤلف مع  $\vec{B}_H$  حقلًا محصلًا  $\vec{B}_T$  تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية  $\theta$  وتستقر وفق منحاه.

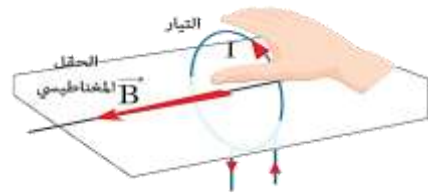


$$\tan \theta = \frac{B}{B_H} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-5}} = 0.2$$

لكن  $\theta$  صغيرة بالتالي:

$$\tan \theta \approx \theta \Rightarrow \theta \approx 0.2 \text{ rad}$$

الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في ملف دائري:



عناصر شعاع الحقل المغناطيسي لتيار دائري:

الحامل: العمود على مستوى الملف الدائري.

الجهة: عملياً من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي

لإبرة مغناطيسية نضعها عند مركز الملف الدائري بعد استقرارها.

نظرياً حسب قاعدة اليد اليمنى: نضعها فوق الملف حيث يدخل

التيار من الساعد، ويخرج من أطراف الأصابع، ويتجه

باطن الكف نحو مركز الملف، فيشير الإبهام إلى جهة شعاع

الحقل المغناطيسي

الشدة: وجد تجريبياً أن شدة الحقل المغناطيسي لتيار

دائري تتناسب: طرداً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه  $I$ .

و طرداً مع عدد لفات الملف  $N$  وعكساً مع نصف قطر الملف

الوسطي  $r$ .

$$B = 4\pi \times 10^{-7} K' I$$

لكن  $k' = \frac{N}{2r}$  بالتالي:

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{r}$$

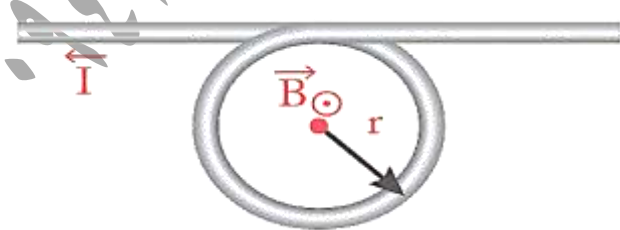
تطبيق (2):

نمرر تياراً كهربائياً شدته  $6A$  في سلك مستقيم طويل معزول، ثم

نلف جزءاً منه على شكل حلقة دائرية كما في الشكل بلفة

واحدة نصف قطرها  $3cm$  احسب شدة الحقل المغناطيسي

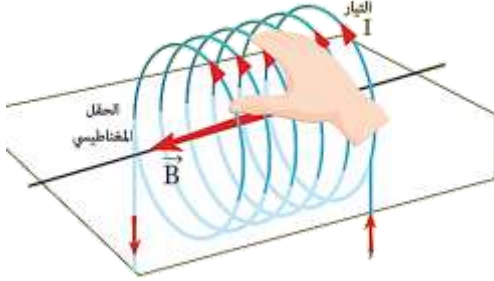
الحصل في مركز الحلقة، ثم حدد بقية عناصره.





الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل يمر في ملف حلزوني (وشية):

عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار حلزوني:



الحامل: محور الوشية.

الجهة: عملياً: من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لآبرة مغناطيسية نضعها عند مركز الوشية بعد استقرارها.

نظرياً: تحدد بقاعدة اليد اليمنى نضعها فوق الوشية بحيث توازي أصابعها إحدى الحلقات وتصور أن التيار يدخل من الساعد، ويخرج من رؤوس الأصابع، فيشير الإبهام الذي يعاود الأصابع إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

الشدة: وجد تجريبياً أن شدة الحقل المغناطيسي لتيار حلزوني داخل الوشية تتناسب طردياً مع:

(1) شدة التيار الكهربائي المتواصل المار فيها I.

(2) النسبة  $n_1 = \frac{N}{l}$  أي عدد اللّفات في واحدة الأطوال وتعطى الشدة بالعلاقة:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} k' I$$

الحل: نعد السلك جزأين الأول حلقة والثاني مستقيم فينشأ في مركز الحلقة الدائرية حقلان يمكن تحديد جهة كل منهما حسب قاعدة اليد اليمنى.

(1) الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في الحلقة الدائرية:

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{r}$$

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{1 \times 6}{3 \times 10^{-2}} = 12.5 \times 10^{-5} T$$

(2) الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك المستقيم:

$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} = 2 \times 10^{-7} \frac{6}{3 \times 10^{-2}}$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-5} T$$

الحقلان على حامل واحد، وبالجهة نفسها، فتكون شدة الحقل المحصل:

$$B_T = B_1 + B_2$$

$$B_T = 12.5 \times 10^{-5} + 4 \times 10^{-5} = 16.5 \times 10^{-5} T$$

الحامل: العمود على مستو الحلقة الدائرية.

الجهة: أمام مستو الحلقة الدائرية.

عناصر شعاع السطح:

الحامل: الناظم - الجهة: بجهة الناظم دوماً - الشدة: مساحة سطح الدارة واحدة قياسها  $m^2$ .

يعطى التدفق المغناطيسي  $\Phi$  الذي يجتاز دارة كهربائية في الحلاء بالعلاقة:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \Rightarrow \Phi = BS \cos \alpha$$

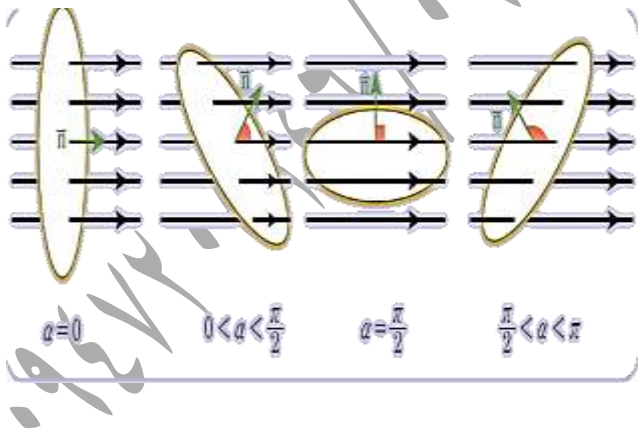
ومن أجل دارة تحوي  $N$  لفة تصبح العلاقة:

$$\Phi = NBS \cos \alpha$$

$\Phi$  التدفق المغناطيسي ويقاس *Weber*.

$B$  شدة الحقل المغناطيسي الذي يجتاز الدارة ويقاس  $T$ .

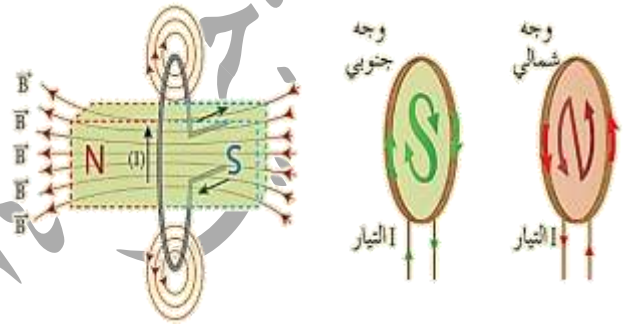
$\alpha$  هي الزاوية الكائنة بين شعاع الحقل المغناطيسي  $\vec{B}$  والناظم على السطح  $\alpha = (\vec{B} \cdot \vec{n})$



لكن:  $k' = \frac{N}{l}$  بالتالي:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{l}$$

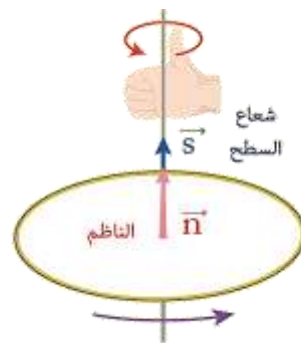
نتيجة: إن الملفات والوشائع الكهربائية تكافئ مغناطاً إذ يُطلق اسم الوجه الشمالي على وجه الملف الذي تكون فيه جهة التيار بعكس جهة دوران عقارب الساعة، أما الوجه الآخر للملف فهو الوجه الجنوبي حيث تكون فيه جهة التيار بنفس جهة دوران عقارب الساعة.



التدفق المغناطيسي: يُعبّر عن عدد خطوط الحقل

المغناطيسي التي تجتاز سطح دارة كهربائية مُستوية مُغلقة.

شعاع السطح  $\vec{S}$ :



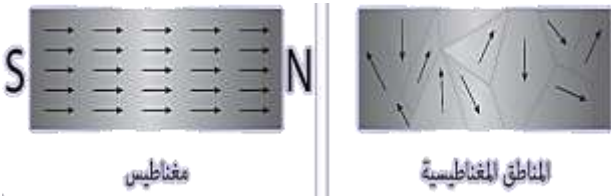
نرسم الناظم  $\vec{n}$  العمودي على مستوى سطح الدارة

الذي يتجه من وجهها الجنوبي، ويخرج من وجهها

الشمالي ونعرف شعاع السطح بالعلاقة:  $\vec{S} = S \cdot \vec{n}$

المغناطيسي الخارجي بحيث تكون مُحصلَة هذه الخصائص المغناطيسية معدومة.

- لكن إذا وجدت قطعة الحديد في مجال مغناطيسي خارجي تتوجه ثنائيات الأقطاب المغناطيسية داخل القطعة باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي أي تكون أقطابها الشمالية المغناطيسية باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، وتصبح مُحصلتها غير معدومة لذا تصبح قطعة الحديد ممغنطة.



اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

- 1) نمر تياراً كهربائياً متواصلاً في ملف دائري، فيتولد عند مركزه حقل مغناطيسي شدته  $B$ ، نضاعف عدد لفاته، ونجعل نصف قطر الملف الوسطي نصف ما كان عليه فتصبح شدة الحقل المغناطيسي عند مركزه:

(a)  $B$  (b)  $2B$  (c)  $4B$  (d)  $0.5B$

الإجابة الصحيحة: (c)

توضيح اختيار الإجابة:

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} I \Rightarrow B' = 2\pi \times 10^{-7} \frac{2N}{\frac{r}{2}} I$$

$$B' = 4 \left( 2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} I \right) = 4B$$

- يشبه دوران الإلكترونات حول النواة مرور تيار كهربائي في حلقة مغلقة، فيولد حقلاً مغناطيسياً، إذ تتغير جهة هذا الحقل بتغير جهة دوران الإلكترون.

- فإذا دار إلكترونات حول النواة في الذرة بسرعتين زاويتين متساويتين طويلة وباتجاهين متعاكسين وينصف قطر مدار واحد تولد عن أحدهما خاصية مغناطيسية تلغي خاصية المغناطيسية المتولدة عن الآخر.
- أما إذا افرد أحد إلكترونات الذرة بدورانه حول النواة أكسبها صفة مغناطيسية جاعلاً من الذرة مغناطيساً صغيراً ثنائي القطب.

- إن دوران الإلكترون حول محوره يعد تياراً متناهِياً في الصغر يولد حقلاً مغناطيسياً كما لو كان مغناطيساً صغيراً.

- فإذا دار إلكترونات حول محوريهما باتجاهين متعاكسين يلغي أحدهما الخصائص المغناطيسية للآخر.
- أما إذا افرد الإلكترون بدورانه حول نفسه أكسب الذرة صفة مغناطيسية.

- إن حركة بعض الشحنات داخل النواة تولد خصيصة مغناطيسية صغيرة جداً مقارنة بالخصيصة المتولدة عن

الدورانين السابقين للإلكترونات.

- لقد أظهرت الدراسة للمواد الحديدية العادية أنها تتكون من ثنائيات أقطاب مغناطيسية موزعة عشوائياً في غياب المجال



وفي نقطة ثانية تبعد  $2d$  عن محور السلك، وبعد أن نجعل شدة التيار  $I$  ما كانت عليه تصبح شدة الحقل المغناطيسي:

$$\frac{1}{8} B \quad (d) \quad 8B \quad (c) \quad 4B \quad (b) \quad 2B \quad (a)$$

الإجابة الصحيحة: (d)

توضيح اختيار الإجابة:

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} \Rightarrow B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{2d}$$

$$B_2 = \frac{B_1}{8}$$

(2) إن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دائرة مستوية في الخلاء يكون مساوياً نصف قيمته العظمى عندما:

$$\alpha = \pi \text{ rad} \quad (b) \quad \alpha = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad (a)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{3} \text{ rad} \quad (d) \quad \alpha = \frac{\pi}{6} \text{ rad} \quad (c)$$

الإجابة الصحيحة: (d)

توضيح اختيار الإجابة:

$$\Phi = NBS \cos \alpha = \Phi_{\max} \cos \alpha$$

$$\Phi = \Phi_{\max} \cos \frac{\pi}{3} = \frac{1}{2} \Phi_{\max}$$

(3) إن شدة شعاع الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة يتناسب طردياً مع:

(a) مقاومة سلك الوشيعة . (b) طول الوشيعة .

(c) التوتر الكهربائي المطبق بين طرفي الوشيعة .

(d) مساحة سطح مقطع الوشيعة .

الإجابة الصحيحة: (c)

توضيح اختيار الإجابة:

$$B_1 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{l} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{l} \times \frac{U_{ab}}{R} = \text{const } U_{ab}$$

(4) نمر تياراً كهربائياً متواصلاً في سلك مستقيم، فيتولد حقل مغناطيسي شدة  $B$  في نقطة تبعد  $d$  عن محور السلك،

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يلي:

(1) تتقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس.

الجواب: لأن شدة الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس تكون أكبر منها في النقاط الأبعد عن القطبين.

(2) لا يمكن لخطوط الحقل المغناطيسي أن تقاطع.

الجواب: إن خطوط الحقل المغناطيسي مماسة في كل نقطة من تقاطع شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة وإن تقاطع خطين يعني أن  $\vec{B}$  ليس كل من الخطين وهذا غير صحيح. أو لأن شعاع الحقل المغناطيسي سيصبح له في نفس النقطة أكثر من حامل واتجاه وهذا غير ممكن.

(3) لا تولد الأجسام المشحونة الساكنة أي حقل مغناطيسي.

الجواب: لأن الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي.

ثالثاً: ضع كلمة "صح" أمام العبارة الصحيحة، وكلمة "خطأ" أمام العبارة الخاطئة، ثم صحّحها فيما يأتي:

(1) لكل مغناطيس قطبان مغناطيسيان مختلفان في شدتهما.

(خطأ) والصح: لكل مغناطيس قطبان مغناطيسيان متساويان في شدتهما.

(2) خطوط الحقل المغناطيسي لا تُرى بالعين المجردة. صح.

(3) تزداد شدة الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في سلك مستقيم كلما ابتعدنا عن السلك.

(خطأ) والصح: تنقص شدة الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في سلك مستقيم كلما ابتعدنا عن السلك.

(4) تنقص شدة الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة لفاتها متلاصقة عدد طبقاتها طبقة واحدة إلى نصف شدته في حالة إنقاص طول الوشيعة إلى النصف مع بقاء شدة التيار ثابتة.

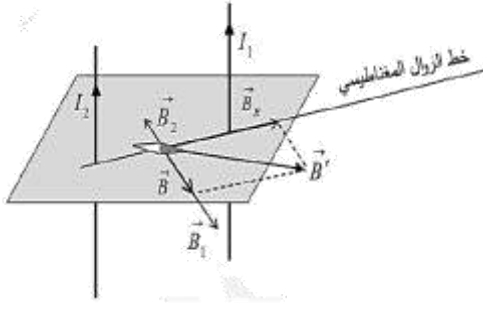
(خطأ) والصح: النسبة  $\frac{N}{l}$  هي نسبة ثابتة، بتقسيم الوشيعة ينقص طول سلكها إلى النصف، فتتغير عدد اللفات إلى النصف وتبقى شدة الحقل المغناطيسي ثابتة.

رابعاً: أجب عما يأتي:

أضع إبرة مغناطيسية محوراً شاقولي على طاولة أفقية لتستقر، أتبين كيف يجب وضع سلك مستقيم أفقياً فوق البوصلة بحيث لا تنحرف الإبرة عند إمرار تيار كهربائي في السلك؟

الحل: لا تنحرف الإبرة عند مرور تيار كهربائي في السلك إذا كان الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار منطبق على استقامة الإبرة وبنفس جهة  $\vec{B}_H$  أي يجب وضع السلك المستقيم عمودي على المستوى الحاوي على الإبرة.

خامساً: حل المسائل الآتية:



$\vec{B}_1, \vec{B}_2$  على حامل واحد وبجهتين متعاكستين

$$B = B_1 - B_2$$

شدة الحقل المحصل في النقطة C:

$$B = 3 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} T$$

(2) قبل إمرار التيارين تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى

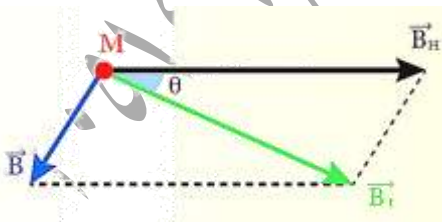
المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي  $\vec{B}_H$  بعد إمرار

التيارين تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى  $\vec{B}'$  محصلة

$(\vec{B}, \vec{B}_H)$  علماً أن:

$$(\vec{B}_1 \perp \vec{B}_H), (\vec{B}_2 \perp \vec{B}_H) \Rightarrow B \perp B_H$$

من الشكل نجد:



$$\tan \theta = \frac{B}{B_H} = \frac{2 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-5}} = 0.1 < 0.24$$

$$\tan \theta \approx \theta \Rightarrow \theta \approx 0.1 \text{ rad}$$

(3) حتى تنعدم محصلة الحقلين يجب أن يكون

$B_1, B_2$  متساويان بالشدة ومتعاكسان بالجهة.

المسألة الأولى: نضع في مستوى الزوال المغناطيسي

الأرضي سلكين طويلين متوازيين بحيث يبعد

منتصفاهما  $(C_1, C_2)$  عن بعضهما البعض مسافة

$d = 40 \text{ cm}$  ونضع إبرة بوصلة صغيرة في النقطة C منتصف

المسافة  $(C_1, C_2)$  نزرع في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته

$I_1 = 3 A$  وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته

$I_2 = 1 A$  وبجهة واحدة والمطلوب:

(1) حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين

في النقطة C موضحاً ذلك بالرسم.

(2) حساب الزاوية التي تنحرف فيها إبرة البوصلة عن منحها

الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي

الأرضي  $B_H = 2 \times 10^{-5} T$ .

(3) حدد النقطة الواقعة بين السلكين التي تنعدم فيها شدة

محصلة الحقلين.

(4) هل يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة

واقعة خارج السلكين؟ وضح أجابتك.

(الحل: 1)

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7} \frac{3}{20 \times 10^{-2}}$$

$$B_1 = 3 \times 10^{-6} T$$

$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2} = 2 \times 10^{-7} \frac{1}{20 \times 10^{-2}}$$

$$B_2 = 1 \times 10^{-6} T$$

(b) تقطع التيار السابق عن الملف، احسب التغير الحاصل في قيمة التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الملف ذاته.

(c) احسب طول سلك الملف الدائري .

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} I \quad (\text{الحل: a})$$

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N U}{r R}$$

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{400}{2 \times 10^{-2}} \times \frac{10}{20}$$

$$B = 2\pi \times 10^{-3} T$$

$$\Delta\Phi = N\Delta B S \cos \alpha \quad (B)$$

$$\Delta\Phi = N(B_2 - B_1)S \cos \alpha$$

$$\Delta\Phi = 400 \times (0 - 2\pi \times 10^{-3}) \times \pi \times 4 \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Delta\Phi = -32 \times 10^{-4} \text{ Weber}$$

$$\ell' = 2\pi r \times N = 2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 400 = 50m \quad (c)$$

المسألة الثالثة: نضع سلكين شاقوليين متوازيين بحيث

يعد منصفاهما  $M_1, M_2$ ، أحدهما عن الآخر  $4 \text{ cm}$

نمر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته  $I_1$ ، نمر في السلك

الأول تياراً كهربائياً شدته  $I_2$ ، وباتجاهين متعاكسين

فتكون شدة الحقل المغناطيسي الحاصل لحقل

التيارين  $4 \times 10^{-7} T$  عند النقطة  $M$  منتصف المسافة

$M_2, M_1$ ، وعند ما يكون التياران بجهة واحدة تكون

شدة الحقل المغناطيسي الحاصل عند  $2 \times 10^{-7} T M$  فإذا

كان:  $I_1 > I_2$ ، احسب كلا من:  $I_1, I_2$ .

$$2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \Rightarrow \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{(d - d_1)}$$

$$\frac{3}{d_1} = \frac{1}{(40 - d_1)} \Rightarrow 120 - 3d_1 = d_1$$

$$4d_1 = 120 \Rightarrow d_1 = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

(4) لا تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج

السلكين في النقاط التي تقع على استقامة  $C_1, C_2$

للحقلين المغناطيسيين الناتجين عن التيارين ذو

الجهة نفسها لكن يمكن أن تنعدم محصلة الحقلين

في نقطة واقعة خارج السلكين في النقاط التي تقع

على استقامة  $C_1, C_2$  للحقلين المغناطيسيين

الناتجين عن التيارين مختلفين بالجهة ومن طرف

السلك الذي يجتازه تياراً أقل.

$$2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \Rightarrow \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{(d_1 - d)}$$

$$\frac{3}{d_1} = \frac{1}{(d_1 - 40)} \Rightarrow 3d_1 - 120 = d_1$$

$$2d_1 = 120 \Rightarrow d_1 = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

المسألة الثانية: (a) ملف دائري في مكبر صوت عدد

لفاته 400 لفة ونصف قطره  $2 \text{ cm}$  تطبق بين طرفيه فرقاً

في الكون  $10 V$  فإذا علمت أن مقاومته  $20 \Omega$

احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عند مركز الملف.

$$2 \times 10^{-7} = \frac{2 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-2}} (I_1 - I_2)$$

$$I_1 - I_2 = 2 \times 10^{-2} \dots \dots \dots (2)$$

يجمع المعادلتين (1) و (2) نجد:  $I_1 = 3 \times 10^{-2} A$

ثم نعوض قيمة  $I_1$  في إحدى المعادلتين نجد:

$$I_2 = 1 \times 10^{-2} A$$

المسألة الرابعة: نضع ملفين دائريين لهما المركز ذاته في مستوى شاقولي واحد، عدد لفات كل منهما 200 لفة ونصف قطر الأول 10cm ونصف قطر الثاني 4cm، نمرر في الملف الأول تياراً كهربائياً شدته 8A، بعكس جهة دوران عقارب الساعة والمطلوب: حدد جهة التيار الواجب إمراره في الملف الثاني وشدته؛ لتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل عند المركز المشترك للملفين:

(1)  $5 \times 10^{-2} T$  أمام مستوي الرسم.

(2)  $3 \times 10^{-2} T$  خلف مستوي الرسم.

(3) معدومة.

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_1}{r_1} I_1$$

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{10 \times 10^{-2}} \times 8 = 1 \times 10^{-2} T$$

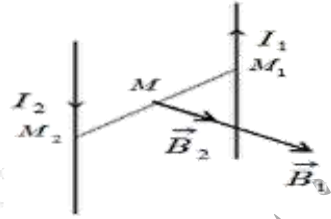
وجهة  $\vec{B}_1$  أمام مستوي الرسم.

(1) حتى تكون محصلة الحقلين  $\vec{B}$  أمام مستوي الرسم

يجب أن يكون  $\vec{B}_2, \vec{B}_1$  بجهة واحدة أمام مستوي الرسم.

$$B = B_1 + B_2$$

الحل: عندما يكون التياران باتجاهين متعاكسين يكون  $\vec{B}_2, \vec{B}_1$  بجهة واحدة لهما محصلة شدتها حاصل جمع الشدتين:



$$B = B_1 + B_2$$

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} + 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

لكن:  $d_1 = d_2$  بالتالي:

$$B = 2 \times 10^{-7} \left( \frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2} \right)$$

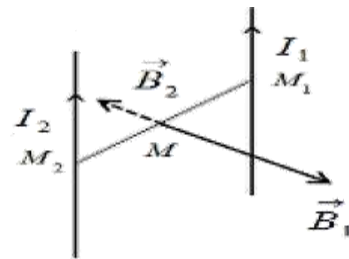
$$4 \times 10^{-7} = \frac{2 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-2}} (I_1 + I_2)$$

$$I_1 + I_2 = 4 \times 10^{-2} \dots \dots \dots (1)$$

$\vec{B}_2, \vec{B}_1$  عندما يكون التياران بجهة واحدة يكون

بجهتين متعاكسين لهما محصلة شدتها حاصل طرح

الشدتين:



$$B = B_1 - B_2$$

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} - 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

لكن:  $d_1 = d_2$  بالتالي:

$$B = 2 \times 10^{-7} \left( \frac{I_1}{d_1} - \frac{I_2}{d_2} \right)$$



$$1 \times 10^{-2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$I_2 = \frac{1 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}}{2\pi \times 10^{-7} \times 200}$$

$$I_2 = \pi A$$

جهة  $I_2$  بجهة دوران عقارب الساعة.

**المسألة الخامسة:** ملف دائري نصف قطره الوسطي  $5 \text{ cm}$

يولد عند مركزه حقلاً مغناطيسياً، قيمته تساوي قيمة الحقل المغناطيسي الذي تولده وشيعة عند مركزها عندما يمر بهما التيار نفسه، فإذا علمت أن عدد لفات الوشيعة  $100$  لفة وطولها  $20 \text{ cm}$  احسب عدد لفات الملف الدائري.

$$B = B'$$

الحل:

$$2\pi \times 10^{-7} \frac{N}{r} I = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N'}{l} I$$

$$\frac{N}{r} = \frac{2N'}{l}$$

$$N = \frac{2N'r}{l} = \frac{2 \times 100 \times 5 \times 10^{-2}}{20 \times 10^{-2}}$$

$$N = 50 \text{ لفة}$$

**التفكير الناقد:**

نابض معدني مرز مهمل الكتلة حلقاته متباعدة، يعلق من إحدى طرفيه ويترك ليتدلى شاقولياً، يمر فيه تياراً كهربائياً شدته كبيرة نسبياً. أتتقارب حلقات النابض، أم تتباعد عن بعضها البعض؟ مع التعليل

$$5 \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-2} + B_2 \Rightarrow$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-2} T$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$4 \times 10^{-2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{4 \times 10^{-2}} I_2$$

$$I_2 = \frac{4 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}}{2\pi \times 10^{-7} \times 200}$$

$$\Rightarrow I_2 = 12.5 A$$

جهة  $I_2$  بعكس جهة دوران عقارب الساعة.

(2) حتى تكون محصلة الحقلين  $\vec{B}$  خلف مستوي

الرسم يجب أن يكون  $\vec{B}_2, \vec{B}_1$  بجهتين متعاكستين و  $\vec{B}_2$  خلف مستوي الرسم.

$$B = B_2 - B_1$$

$$3 \times 10^{-2} = B_2 - 1 \times 10^{-2}$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-2} T$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_2}{r_2} I_2$$

$$4 \times 10^{-2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{200}{4 \times 10^{-2}} I_2$$

$$I_2 = \frac{4 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}}{2\pi \times 10^{-7} \times 200}$$

$$\Rightarrow I_2 = 12.5 A$$

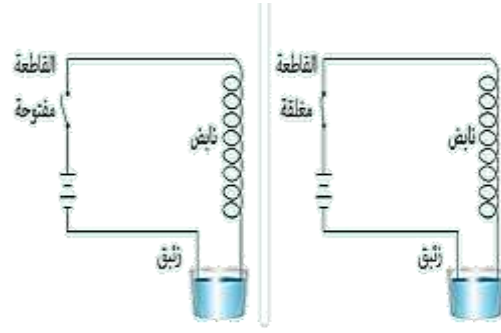
جهة  $I_2$  بجهة دوران عقارب الساعة.

(3) حتى تنعدم محصلة الحقلين يجب أن يكون

$B_1, B_2$  متساويان بالشدة ومتعاكسان بالجهة.

$$B_1 = B_2$$

الجواب:



تتقارب حلقات الناض وذلك لأن جهة التيار الكهربائي في كل حلقة هي ذاتها فمرور التيار يحول كل حلقة إلى مغناطيس ويصبح كل وجهين متقابلين لـ حلقتين متجاورتين قطبي مغناطيس متعاكسين في النوع مما يسبب تجاذبهما إلى بعضهما البعض.

----- انتهى البحث -----

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التليغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

## فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

القوة المغناطيسية: (قوة لورنز المغناطيسية)

- يؤثر الحقل المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل بقوة مغناطيسية، حيث تُغيّر هذه القوة من مسار حركة هذه الجسيمات.
- تتغير جهة انحراف مسار الجسيمات المشحونة بتغير جهة الحقل المغناطيسي المؤثر.

العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية:

أثبت التجارب أن شدة القوة المغناطيسية تتناسب طردياً مع:

- (1) مقدار الشحنة المتحركة  $q$ .
- (2) شدة الحقل المغناطيسي المؤثرة  $B$ .
- (3) سرعة الشحنة  $v$ .
- (4)  $\sin \theta$  هي الزاوية بين شعاع سرعة الشحنة وشعاع الحقل المغناطيسي.

$$F = qvB \sin \theta$$

وبالتالي:

وتكون العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية:

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

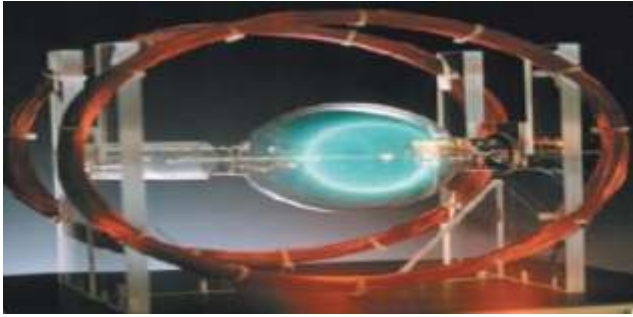
عناصر شعاع القوة المغناطيسية:

- (1) نقطة التأثير: الشحنة المتحركة.
- (2) الحامل: عمودي على المستوي المحدد بشعاع السرعة وشعاع الحقل المغناطيسي.

- (3) الجهة: تُحدّد بقاعدة اليد اليمنى وفق الآتي: نجعل الساعد يوازي شعاع سرعة الشحنة المتحركة والأصبع بعكس جهة شعاع السرعة للشحنات السالبة وبجهة شعاع السرعة للشحنات الموجبة ويخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإبهام إلى جهة القوة المغناطيسية.

$$F = qvB \sin \theta$$

دراسة حركة جسيم مشحون (إلكترون) في حقل مغناطيسي منتظم (تجربة ملفي هلمهولتز):



- يتولد حقل مغناطيسي منتظم بين ملفين دائريين متوازيين يمر فيهما التيار ذاته.
- تتحرك الحزمة الإلكترونية ضمن الحقل المغناطيسي المنتظم وبحيث  $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$ .
- يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية تكون دائماً عمودية على شعاع سرعتها وتكتسب الحزمة الإلكترونية تسارعاً ثابتاً يعايد شعاع السرعة فيكون التسارع جاذب مركزي وحركتها دائرية منتظمة.
- بالتالي يحدث تغير في حامل وجهة شعاع السرعة فقط لا في قيمتها.

## بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

استنتاج علاقة نصف قطر المسار الدائري لأحد الإلكترونات المتحركة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي المنتظم حيث  $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$ :

يخضع الإلكترون لتأثير القوة المغناطيسية فقط بإهمال قوة ثقله:

$$\Sigma \vec{F} = m_e \vec{a}$$

$$\vec{F} = m_e \vec{a}$$

$$e\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m_e} \vec{v} \wedge \vec{B}$$

وبحسب خواص الجداء الشعاعي فإن:  $\vec{a} \perp \vec{v}$  وبالتالي الحركة دائرية منتظمة:

$$F = F_c$$

$$evB = m_e a_c$$

$$evB = m_e \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m_e v}{eB}$$

حيث:  $m_e$  كتلة الإلكترون، و  $v$  سرعة الإلكترون،  
 $e$  القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون،  $B$  شدة شعاع الحقل المغناطيسي.

ويكون دور حركة الإلكترون:

$$v = \omega \cdot r \Rightarrow v = \frac{2\pi}{T} r \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$T = \frac{2\pi m_e}{eB}$$

الفترة  $T$  فنجد أن:

القوة الكهرطيسية (قوة لابلاس الكهرطيسية):



• يؤثر الحقل المغناطيسي في السلك الناقل الذي يجتازه تيار كهربائي بقوة ثابتة تسمى القوة الكهرطيسية.

## إعداد المدرس: فراس قلعه جي

• تتغير جهة القوة الكهرطيسية بتغير جهة التيار، أو بتغير جهة شعاع

الحقل المغناطيسي المؤثر.

• تزداد شدة القوة الكهرطيسية بزيادة كل من:

(1) شدة التيار المار بالسلك.

(2) شدة الحقل المغناطيسي المؤثر.

(3) طول الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي.

(4) وتعلق بـ  $\sin \theta$  حيث  $\theta$  الزاوية المحصورة بين الناقل

المستقيم، وشعاع الحقل المغناطيسي المؤثر.

استنتاج عبارة القوة الكهرطيسية:

بفرض لدينا سلك طوله  $L$ ، ومساحة مقطعه  $S$ ، والكثافة الحجمية

للإلكترونات الحرة فيه  $n$  فيكون عدد الإلكترونات الحرة الكلية

$$N = nSL$$

و عند تطبيق فرق كمون بين طرفي السلك فإن الإلكترونات الحرة تتحرك بسرعة ثابتة  $\vec{v}$  (فينشأ تيار)

وتؤثر على السلك بحقل مغناطيسي فتخضع هذه الإلكترونات

إلى تأثير القوة المغناطيسية بينما يخضع السلك لتأثير قوة كهرطيسية

تساوي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات

المتحركة (الإلكترونات) داخل السلك أي تساوي جداء عدد

الإلكترونات في القوة المغناطيسية أي:

$$F = nsLevB \sin \theta = NevB \sin \theta$$

$$q = Ne \text{ و } v = \frac{L}{\Delta t}$$

$$F = \frac{Ne}{\Delta t} (LB \sin \theta)$$

$$I = \frac{q}{\Delta t} \text{ ومنه:}$$

$$F = ILB \sin \theta$$

وهي العلاقة المعبرة عن شدة القوة الكهرطيسية.

## بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

حيث  $\theta$  الزاوية المحصورة بين  $\vec{B}$  و  $I\vec{L}$  ويسمى الشعاع

$I\vec{L}$  **بشعاع التيار** الذي حمله السلك وجهته **بجهة التيار**.

وتكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرومغناطيسية بالشكل:

$$\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}$$

**عناصر شعاع القوة الكهرومغناطيسية:**

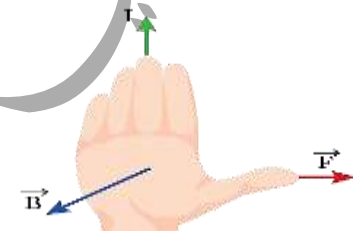
(1) **نقطة التأثير:** منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل

المغناطيسي المنتظم.

(2) **الحامل:** عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم

وشعاع الحقل المغناطيسي.

(3) **الجهة:** تحقق الأشعة  $(\vec{IL}, \vec{B}, \vec{F})$  ثلاثية مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى.



نجعل اليد منبسطة على الناقل بحيث يدخل التيار من

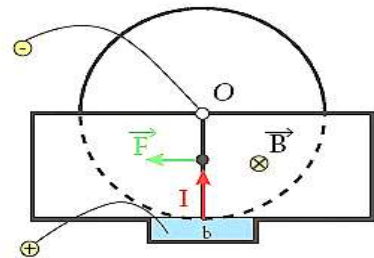
الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع ويخرج شعاع الحقل

المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإبهام إلى جهة

القوة الكهرومغناطيسية.

(4) **الشدة:** تعطى بالعلاقة:  $F = ILB \sin \theta$

**تجربة دولا ب بارلو:**



• عند إغلاق دائرة الدولا ب فإنه يدور بتأثير عزم القوة الكهرومغناطيسية.

## إعداد المدرس: فراس قلعه جي

• **تتعرض جهة دوران الدولا ب** عندما تنعكس جهة التيار أو

جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

**عناصر القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها الدولا ب:**

(1) **نقطة التأثير:** منتصف نصف القطر الشاقولي السفلي

الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.

(2) **الحامل:** عمودي على المستوى المحدد بنصف القطر

الشاقولي السفلي وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم.

(3) **الجهة:** تحقق الأشعة  $(\vec{Ir}, \vec{B}, \vec{F})$  ثلاثية مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى.

نجعل اليد اليمنى منبسطة على نصف القطر الشاقولي

السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم ويدخل التيار

من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع ويخرج شعاع الحقل

المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإبهام إلى جهة

القوة الكهرومغناطيسية.

(4) **الشدة:** تعطى بالعلاقة:  $F = IrB \sin \theta$

حيث:  $\theta = (I\vec{r} \wedge \vec{B}) = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \Rightarrow \sin \theta = 1$

**عمل القوة الكهرومغناطيسية (نظرية مكسويل):**

**تجربة السكتين الكهرومغناطيسية:**

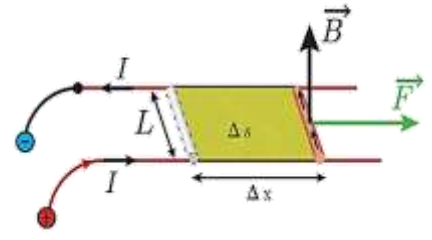


تنتقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة  $\Delta x$ ، فتتسطح سطحاً

$\Delta S = L \Delta x$ ، حيث تنتقل نقطة تأثير القوة الكهرومغناطيسية على

حاملها وبجهتها مسافة  $\Delta x$ .





$$W = F \Delta x$$

$$W = ILB \Delta x$$

$$W = IB \Delta S$$

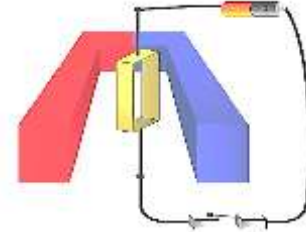
لكن:  $\Delta \Phi = B \Delta S > 0$  يمثل تزايد التدفق المغناطيسي

نعوض فنجد:  $W = I \Delta \Phi > 0$  والعمل موجب محرك.

نص نظرية مكسويل:

عندما تنتقل دائرة كهربائية أو جزء من دائرة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي فإن عمل القوة الكهرومغناطيسية المسببة لذلك الانتقال يساوي جداء شدة التيار المار في الدائرة في تزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها.

تأثير الحقل المغناطيسي على إطار مستطيل يمر فيه تيار كهربائي:



عند إمرار التيار الكهربائي في الإطار المعلق بسلك عديم القتل والذي خطوط الحقل المغناطيسي موازية لسطحه يدور ويستقر عندما تصبح خطوط الحقل المغناطيسي عمودية على مستوى الإطار (تدفق أعظمي).

أفسر سبب دوران الإطار:

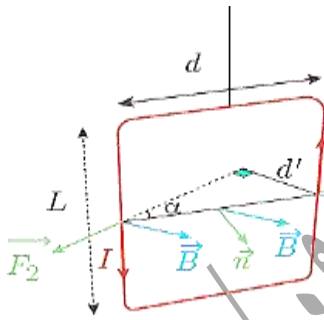
يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الإطار بمزدوجة كهرومغناطيسية تنشأ عن القوتين الكهرومغناطيتين المؤثرتين في

الضلعين الشاقوليين، وتعمل على تدوير الإطار حول محور دورانه من وضعه الأصلي حيث التدفق المغناطيسي معدوم إلى وضع توازنه المستقر حيث يكون التدفق المغناطيسي الذي يجتازه أعظمياً.

قاعدة التدفق الأعظمي:

إذا أثر حقل مغناطيسي في دائرة كهربائية مغلقة حرة الحركة تحركت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقر في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً.

استنتاج عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية المؤثرة في إطار طول ضلعه الأفقي d والشاقولي L:



$$\Gamma_{\Delta} = d' F$$

d': طول ذراع المزدوجة الكهرومغناطيسية.

$$d' = d \sin \alpha \text{ حيث } \alpha = (\vec{B}, \vec{n})$$

إن شدة القوة الكهرومغناطيسية من أجل N لفة معزولة ومتماثلة:

$$F = NILB \sin \frac{\pi}{2}$$

نعوض فنجد:

$$\Gamma_{\Delta} = NILBd \sin \alpha$$

لكن:  $S = Ld$  مساحة سطح الإطار.

$$\Gamma_{\Delta} = NISB \sin \alpha$$

وهي عبارة عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية.

**ملاحظة:** يُسمى الجداء  $NIS$  بالعزم المغناطيسي  $M$ .

$$\vec{M} = NIS\vec{S}$$

وبالتالي علاقة عزم المزدوجة الكهروستاتيكية شعاعياً بالشكل:

$$\vec{\Gamma}_\Delta = \vec{M} \wedge \vec{B}$$

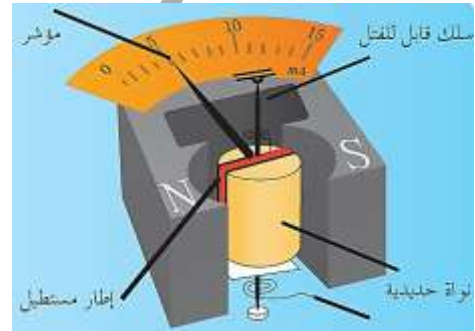
$\vec{M}$  شعاع العزم المغناطيسي **ناظمي** على مستوى الإطار، وجهته بجهة إلهام يد يُمنى تلف أصابعها بجهة التيار.

(أي شعاع العزم المغناطيسي يتجه من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمالي للدائرة).

**المقياس الغلفاني ذو الإطار المتحرك:**

هو جهاز يُستخدم لقياس التيارات الكهربائية صغيرة الشدة وقياسها.

**مِمَّ يتكوّن المقياس الغلفاني؟**



يتألف من ملف على شكل إطار **مُسْتطِيل** يحتوي  $N$  لفة معزولة متماثلة يتصل أحد طرفيه بسلك **قابل للقتل** أما الطرف الآخر

من الملف فيتصل بسلك آخر شاقولي **لن** **عديم القتل**

ويمكن للإطار أن يدور حول محوره الشاقولي المار بمركزه

بين قطبي مغناطيس نصوي محيطاً بنواة أسطوانية من

الحديد اللين، بحيث يكون **مُسْتَوِي** الإطار **يوأزي**

الخطوط الأفقية للحقل المغناطيسي للمغناطيس قبل إمرار التيار.

**مبدأ عمله:** عندما يمر تيار كهربائي في الإطار فإنه يدور

بزوايا صغيرة  $\theta'$  فيشير مؤشر المقياس إلى قراءة معينة عندما

يتوازن الإطار دالاً على قيمة شدة التيار المار.

**استنتاج العلاقة بين زاوية دوران الإطار  $\theta'$  والتيار المار فيه  $I$ :**

عند إمرار التيار الكهربائي المراد قياس شدته  $I$  في إطار

المقياس فإن الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثر في الإطار

**بمزدوجة كهروستاتيكية** تسبب دوران الإطار حول محوره فينشأ

في سلك القتل **مزدوجة قتل تمنع** استمرار الدوران

ويتوازن الإطار بعد أن يدور بزاوية صغيرة  $\theta'$  وعندها

يتحقق شرط التوازن الدوراني:

$$\sum \vec{\Gamma}_\Delta = 0$$

$$\sum \vec{\Gamma}_{\Delta \text{ كهروستاتيكية}} + \vec{\Gamma}_{\text{قتل}} = 0$$

$$NISB \sin \alpha - k\theta' = 0$$

$$\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\sin \alpha = \cos \theta'$$

$$NISB \cos \theta' - k\theta' = 0$$

لكن  $\theta'$  زاوية صغيرة بالتالي:  $\cos \theta' \approx 1$

$$\theta' = \frac{NSB}{k} I$$

$$\theta' = GI$$

حيث  $G = \frac{NSB}{k}$  ثابت المقياس الغلفاني: يعبر عن

**حساسية المقياس الغلفاني** ويقاس بـ  $\text{rad} \cdot \text{A}^{-1}$  وتردد حساسية

المقياس الغلفاني كلما زادت قيمة  $G$  ويتم ذلك عملياً باستبدال

سلك القتل بسلك أرفع منه من المادة نفسها (لتصغير ثابت القتل  $k$ ).

**جهاز المقياس متعدد الأغراض (آفومتر):**

يستخدم هذا الجهاز لاستخدامات عدة مثل قياس:

التوتر المستمر DC - التوتر المتناوب AC - شدة التيار المستمر والمتناوب - المقاومات.

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

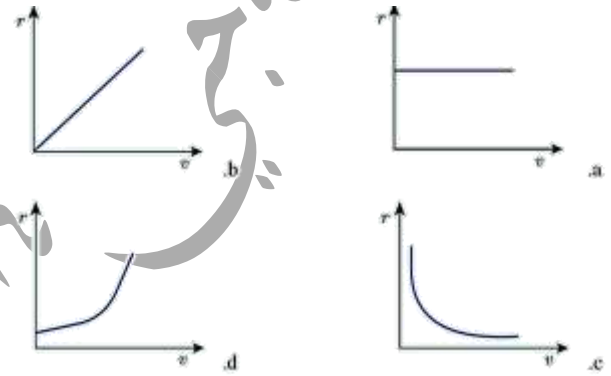
1) جسيمات مشحونة لها الكتلة نفسها والشحنة نفسها أدخلت

في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة تعامد

خطوط الحقل فإن الشكل الذي يمثل العلاقة بين نصف

قطر المسار الدائري  $r$  وسرعة الجسيمات المشحونة الجسيمات

المشحونة  $v$ :



الإجابة الصحيحة: (b)

توضيح اختيار الإجابة:  $r = \frac{m}{qB} v \Rightarrow r = \text{const. } v$

وبالتالي الخط البياني المثل لنصف القطر بدلالة سرعة

الجسيمات هو: خط مستقيم يمر بالمبدأ ميله  $\frac{m}{qB}$

2) إن وحدة قياس النسبة  $\frac{E}{B}$  هي:

(a)  $m \cdot s^{-1}$  (b)  $m \cdot s^{-2}$  (c)  $m$  (d)  $s$

الإجابة الصحيحة: (a)

$$\frac{E}{B} = \frac{\frac{F}{q}}{\frac{F}{qv}} = \frac{\frac{N}{C}}{\frac{N}{C \cdot m \cdot s^{-1}}} = m \cdot s^{-1}$$

3) عندما يدخل الإلكترون في منطقة يسودها حقل

مغناطيسي منتظم بسرعة  $v$  تعامد خطوط الحقل المغناطيسي

(بإهمال ثقل الإلكترون) فإن حركة الإلكترون داخل

الحقل هي:

(a) دائرية متغيرة بانتظام. (b) دائرية منتظمة.

(c) مستقيمة منتظمة. (d) تبقى شدته ثابتة.

الإجابة الصحيحة: (b)

توضيح اختيار الإجابة:

$$\vec{a} = \frac{e}{m_e} \vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{v} \Rightarrow a_c = a$$

4) عندما يدخل جسم مشحون في منطقة يسودها حقل

مغناطيسي منتظم، فإن شعاعاً سرعته  $\vec{v}$ :

(a) يتغير حامله وشدته. (b) يتغير حامله فقط.

(c) تتغير شدته فقط. (d) تبقى شدته ثابتة.

الإجابة الصحيحة: (d)

توضيح اختيار الإجابة: لأن الحركة دائرية منتظمة.

5) عندما تندرج الساق في تجربة السكين الكهربائية

تحت تأثير القوة الكهربائية، فإن التدفق المغناطيسي:

(a) يبقى ثابتاً. (b) يزداد. (c) يتناقص. (d) ينعدم.

الإجابة الصحيحة: (b)

توضيح اختيار الإجابة:

$$w = I \Delta \Phi, \quad w > 0 \Rightarrow \Delta \Phi > 0$$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1) ادرس التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين

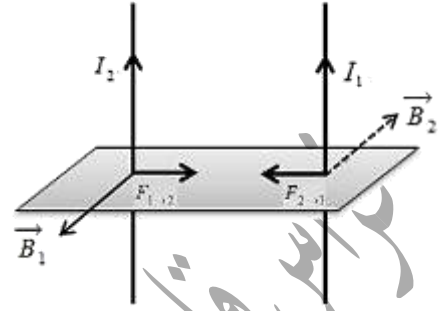
شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متوازيان لهما

الجهة نفسها واستنتج عبارة القوة الكهربائية المؤثرة في أحد

السلكين نتيجة وجود السلك الآخر.

## بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

**الحل:** التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طوليين يمر بهما تياران متوازيان لهما الجهة نفسها:



يولد التيار المستقيم  $I_1$  في كل نقطة من الجزء  $L_1$  من السلك المستقيم الثاني حقلًا مغناطيسيًا شدته:

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d}$$

يؤثر هذا الحقل في الجزء  $L_2$  بقوة كهربية شدتها:

$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 L_2 B_1 \sin \frac{\pi}{2}$$

$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 L_2 (2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d}) \sin \frac{\pi}{2}$$

$$F_{1 \rightarrow 2} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{d} L_2$$

وبدراسة جملة مماثلة نجد:

$$F_{2 \rightarrow 1} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{d} L_1$$

**(2)** استنتج عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤثرة في شحنة كهربائية تتحرك في حقل مغناطيسي منتظم بسرعة تعامد شعاع الحقل المغناطيسي ثم عرّف التسلا  $T$ .

**الحل:** جملة المقارنة: خارجية \_ الجملة المدروسة: الشحنة الكهربائية المتحركة.

**القوى الخارجية المؤثرة:**  $\vec{F}$  قوة لورنتز (بإهمال ثقل الشحنة).

$$\vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$F = qvB \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow B = \frac{F}{qv}$$

## إعداد المدرس: فراس قلعه جي

**التسلا:** شدة حقل مغناطيسي منتظم إذا تحركت ضمنه شحنة كهربائية مقداره كولوم واحد بسرعة  $1m \cdot s^{-1}$  تعامد خطوط الحقل تأثرت بقوة مغناطيسية تساوي نيوتن واحد.

**(3)** بين كيف يتم قياس شدة التيار في المقياس الغلفاني ثم استنتج العلاقة بين شدة التيار  $I$  وزاوية دوران الإطار  $(\theta)$  وكيف تتم زيادة حساسية المقياس الغلفاني عمليًا من أجل التيار نفسه.

**الحل:** عند إمرار التيار الكهربائي المراد قياس شدته في إطار

المقياس فإن الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثر فيه بمزدوجة

كهربية تنشأ عن القوتين الكهريتين

المؤثرتين في الضلعين الشاقوليين تعمل هذه المزدوجة

على تدوير الإطار حول محور الدوران فينشأ في سلك

الفصل مزدوجة قتل تمنع استمرار الدوران ويستقر الإطار بعد

أن يدور زاوية  $\theta'$  تتناسب طرودًا مع  $I$  شدة التيار الكهربائي.

$$\sum \bar{\Gamma}_{\Delta \text{كهربية}} + \sum \bar{\Gamma}_{\Delta \text{قتل}} = 0$$

• عزم المزدوجة الكهربية:

$$\Gamma = NISB \sin \alpha$$

$$\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \cos \theta'$$

$$\theta' \text{ صغيرة} \Rightarrow \cos \theta' = 1$$

$$\Gamma = NISB$$

$$\Gamma = -k\theta' \quad \bullet \text{ عزم مزدوجة القتل:}$$

نعوض في شرط التوازن الدوراني:

$$NISB - k\theta' = 0$$

## بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

$$\theta' = \frac{NSB}{k} I = GI$$

$$\theta' = GI$$

$G = \frac{NSB}{k}$  ثابت المقياس الغلفاني لزيادة حساسية المقياس  
عملياً نستخدم سلك تعليق رفيع جداً من الفضة.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:** في تجربة السكين الكهربية، تستند ساق نحاسية كتلتها  $16 \text{ g}$ ، إلى سكين أفقيين حيث يؤثر على  $4 \text{ cm}$  من الجزء المتوسط منها حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته  $0.1 \text{ T}$  ويمر بها تيار شدته  $40 \text{ A}$  والمطلوب:

(1) حدد بالكاتب والرسم عناصر شعاع القوة الكهربية، ثم احسب شدتها.

(2) احسب قيمة العمل الذي تنجزه القوة الكهربية عندما تنتقل الساق مسافة  $15 \text{ cm}$ .

(3) احسب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكين بها عن الأفق حتى توازن الساق والدائرة مغلقة (إهمال قوى الاحتكاك).

الحل: (1) عناصر القوة الكهربية:

**نقطة التأثير:** منتصف الجزء من الناقل المستقيم  $ab$  الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.

**الحامل:** عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي.

**الجهة:** تحدد وفق قاعدة اليد اليمنى:

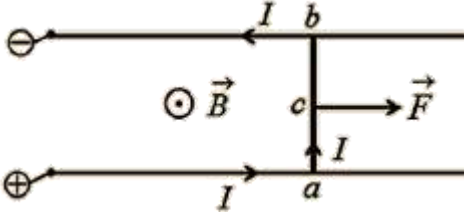
يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع وشعاع الحقل المغناطيسي يخرج من راحة الكف فتشير جهة الإبهام لجهة القوة الكهربية.

الشدة: تعطى بالعلاقة:  $F = ILB \sin \theta$

## إعداد المدرس: فراس قلعه جي

$$F = 40 \times 4 \times 10^{-2} \times 10^{-1} \times 1$$

$$F = 16 \times 10^{-2} \text{ N}$$



$$W = F \Delta x = 16 \times 10^{-2} \times 15 \times 10^{-2} \quad (2)$$

$$W = 24 \times 10^{-3} \text{ J}$$

(3) جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

القوى الخارجية المؤثرة:  $\vec{W}$  ثقل الساق.

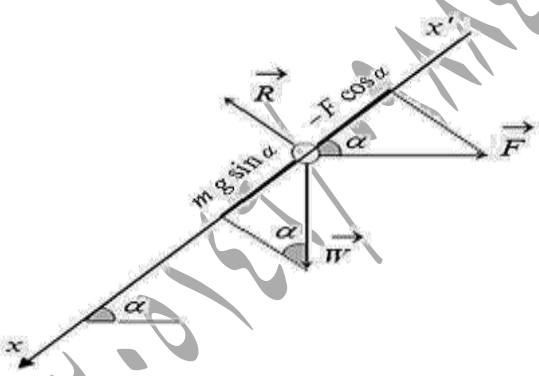
$\vec{F}$  القوة الكهربية.

$\vec{R}$  رد فعل السكين.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0} \quad \text{بالإسقاط على المحور } x'x$$

الذي يوازي السكين:



$$mg \sin \alpha - F \cos \alpha + 0 = 0$$

$$mg \sin \alpha = F \cos \alpha$$

$$mg \tan \alpha = ILB \sin \theta$$

$$\tan \alpha = \frac{ILB \sin \theta}{mg}$$

$$\tan \alpha = \frac{40 \times 4 \times 10^{-2} \times 10^{-1} \times 1}{16 \times 10^{-3} \times 10}$$

$$\tan \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$



إعداد المدرس: فراس قلعه جي

$$\sin \alpha = \frac{50 \times 10^{-2} \times 10 \times 4 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-2}}{30 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} \times 10}$$

$$\sin \alpha = 4 \times 10^{-2} < 0.24$$

$$\sin \alpha \approx \alpha = 4 \times 10^{-2} \text{ rad}$$

**المسألة الثالثة:** إطار مستطيل الشكل يحتوي 100 لفة من سلك نحاسي معزول مساحته  $4\pi \text{ cm}^2$ .

(a) نعلق الإطار بسلك عديم الفتل شاقولي، ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته  $B = 4 \times 10^{-2} \text{ T}$  خطوطه توازي مستوى الإطار الشاقولي، نمرر في الإطار تياراً شدته  $A \frac{1}{10\pi}$  والمطلوب:

- (1) عزم المزدوجة الكهربائية التي يخضع لها الإطار لحظة إمرار التيار.
- (2) عمل المزدوجة الكهربائية عندما يدور الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.

(b) تقطع التيار ونستبدل سلك التعليق بسلك قتل شاقولي ثابت قتلته  $K$  بحيث يكون مستوى الإطار توازي خطوط الحقل المغناطيسي السابق، ونمرر تياراً شدته  $2mA$  فيدور الإطار بزاوية  $30^\circ$  ثم يتوازن والمطلوب:

- (1) احسب التدفق المغناطيسي في الإطار عندما يتوازن.
  - (2) استنتج العلاقة المحددة لثابت قتل سلك التعليق انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني، ثم احسب قيمته.
- (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

$$\bar{\Gamma}_\Delta = NISB \sin \alpha \quad (\text{الحل: a}) \quad (1)$$

$$\bar{\Gamma}_\Delta = 100 \times \frac{1}{10\pi} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times 1$$

$$\bar{\Gamma}_\Delta = 16 \times 10^{-5} \text{ m.N}$$

$$W = I\Delta\Phi \quad (2)$$

$$W = INSB\Delta \cos \alpha$$

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

**المسألة الثانية:** نعلق سلكاً نحاسياً ثخيناً طوله  $60 \text{ cm}$  وكتلته

$50 \text{ g}$  من طرفه العلوي شاقولياً ونغمس طرفه

السفلي في حوض يحتوي الزئبق ثم نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته  $10 \text{ A}$  حيث يؤثر حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته  $B = 3 \times 10^{-2} \text{ T}$  على قطعة منه طولها

$4 \text{ cm}$ ، يبعد منتصفها عن نقطة التعليق  $50 \text{ cm}$  استنتج العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول بدلالة أحد نسبها المثلثية ثم احسبها.

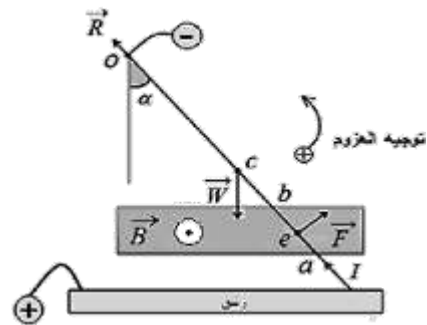
**الحل:** جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة.

القوى الخارجية المؤثرة:  $\vec{W}$  ثقل الساق.

$\vec{F}$  الكهربائية.

$\vec{R}$  رد فعل السكين.



$$\Sigma \bar{\Gamma}_\Delta = 0 \quad \text{شرط التوازن الدوراني.}$$

$$\Sigma \bar{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$$

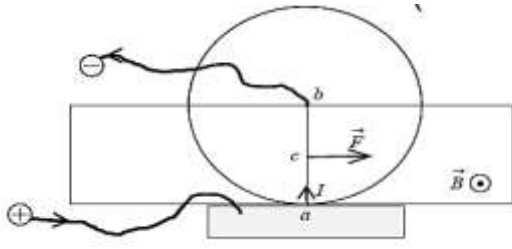
$$\bar{\Gamma}_{\vec{R} \rightarrow \Delta} = 0 \quad \text{لأن حامل } \vec{R} \text{ يلاقي } \Delta.$$

$$-(0c \sin \alpha)mg + (0e)F + 0 = 0$$

$$(0c \sin \alpha)mg = (0e)ILB \sin \frac{\pi}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{(oe)ILB}{(oc)mg}$$

(الحل: 1)



$$F = IrB \sin \theta \quad (2)$$

$$0.04 = I \times 10 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 1$$

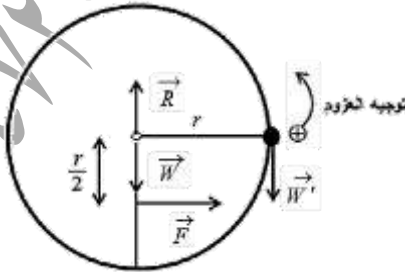
$$I = \frac{4 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-2} \times 10^{-2}} = 40 \text{ A}$$

$$\Gamma = \frac{r}{2} F = \frac{10}{2} \times 10^{-2} \times 0.04 \quad (3)$$

$$\Gamma = 2 \times 10^{-3} \text{ m.N}$$

(4) جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدروسة: الدولاب المتوازن.

القوى الخارجية المؤثرة:  $\vec{W}$  ثقل القرص.الكهرطيسية:  $\vec{F}$ رد فعل محور الدوران:  $\vec{R}$ ثقل الكتلة المضافة:  $\vec{W}'$ 

$$\Sigma \bar{\Gamma}_{\Delta} = 0 \quad \text{شرط التوازن الدوراني.}$$

$$\bar{\Gamma}_{\vec{W}'/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} = 0$$

$$\bar{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = \bar{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} = 0 \quad \text{لأن حامل كل قوة يلاقي } \Delta.$$

$$W = INSB(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)$$

$$W = \frac{1}{10\pi} \times 100 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times (1 - 0)$$

$$W = 16 \times 10^{-5} \text{ J}$$

$$(4\pi = 12.5) \quad \Phi = NSB \cos \alpha \quad (1 \text{ B})$$

$$\alpha + \theta' = 90 \Rightarrow \alpha = 90 - \theta' = 90 - 30 = 60^\circ$$

$$\Phi = 100 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$$

$$\Phi = 25 \times 10^{-4} \text{ weber}$$

$$\Sigma \bar{\Gamma}_{\Delta} = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma \bar{\Gamma}_{\Delta \text{ كهرطيسية}} + \Sigma \bar{\Gamma}_{\Delta \text{ ثقل}} = 0$$

$$NISB \sin \alpha - k \theta' = 0$$

$$\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin \alpha = \cos \theta'$$

$$NISB \cos \theta' - k \theta' = 0$$

$$NISB \cos \theta' = k \theta'$$

$$k = \frac{NISB \cos \theta'}{\theta'}$$

$$k = \frac{100 \times 2 \times 10^{-3} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{6}}$$

$$k = 96 \sqrt{3} \times 10^{-7} \text{ m.N.rad}^{-1}$$

المسألة الرابعة: دولاب بارلو قطره 20cm، يمر فيه كهربائي

متواصل I، ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي

أفقي منتظم شدته  $B = 10^{-2} \text{ T}$ ، فيتأثر الدولاب بقوةكهرطيسية شدتها  $F = 0.04 \text{ N}$  والمطلوب:(1) بين بالرسم جهة كل من  $(\vec{F}, \vec{B}, I\vec{L})$ .

(2) احسب شدة التيار المار في الدولاب.

(3) احسب عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب.

(4) احسب قيمة الكتلة الواجب تعليقها على طرف نصف القطر

الأفقي للدولاب لمنع عن الدوران.

$$-(r)m'g + \left(\frac{r}{2}\right)F + 0 = 0$$

$$\left(\frac{r}{2}\right)F = (r)m'g$$

$$m' = \frac{F}{2g} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2 \times 10} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

التفكير الناقد:

جسم مشحون يتحرك في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم يعامد حقلاً كهربائياً منتظماً بسرعة تعامد كل منهما، بين متى يصبح مساره مستقيماً، ومتى يكون دائرياً.

**الجواب:** بإهمال ثقل الجسم المشحون وعند مرور الجسم المشحون ضمن منطقة الحقل مغناطيسي المنتظم فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية  $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$  وعند مروره ضمن منطقة الحقل الكهربائي فإنه يتأثر بقوة كهربائية  $\vec{F}' = q\vec{E}$  إن  $\vec{F}$  و  $\vec{F}'$  كلاهما على حامل واحد وهنا نميز حالتين: **1-  $\vec{F}$**  و  $\vec{F}'$  بجهة واحدة ومحصلتها قوة جاذبة مركزية فسوف يكون المسار دائرياً. **2-  $\vec{F}$**  و  $\vec{F}'$  بجهتين متعاكستين ومتساويتان بالشدة سوف تنعدم محصلة القوى فيصبح المسار مستقيماً.

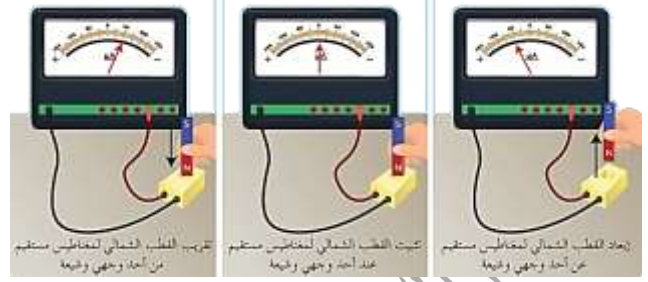
----- انتهى البحث -----

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التليغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

## التحريض الكهروضي

قانون فارداي: تجربة (1):



عند اقتراب أو ابتعاد القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من وجه الوشيعه يزداد (عند الاقتراب) أو يتناقص (عند الابتعاد) التدفق

المغناطيسي في الوشيعه (دائرة مغلقة) فتنشأ قوة مُحركة

كهربائية مُحركة تعمل على توليد تيار مُحرض .

يسمى التيار المتولد عن تغير التدفق المغناطيسي عبر

الدائرة بالتيار المُتحرض ويسمى المغناطيس المتحرك بالمُحرّض

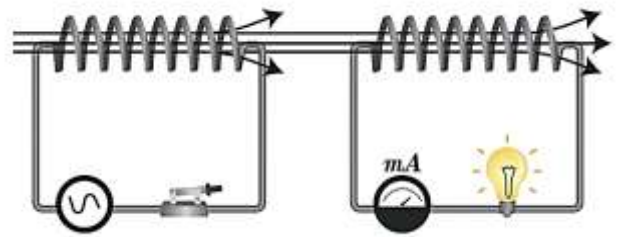
وتسمى حادثة توليد التيار المُتحرض بواسطة المغناطيس المُحرّض

بحادثة التحريض الكهروضي .

وعند توقف المغناطيس المُحرّض عن الحركة يصبح التدفق المغناطيسي

عبر الدائرة ثابتاً فيُعدم التيار المُتحرض .

تجربة (2):



نصل طرفي الوشيعه الأولى بمأخذٍ لولّد تيارٍ كهربائيّ

متناوبٍ جيبيّ ثم نضع الوشيعه الثانيه ليكون محورُها مُنطبقاً

على محورِ الوشيعه الأولى وأصل طرفيها بواسطة أسلاكٍ

التوصيل إلى المصباح الكهربائيّ ومقياس الميلي أمبير نغلق

دائرة الوشيعه الأولى ونراقب المصباح الكهربائيّ ومقياس

الميلي أمبير في الدائرة الثانيه فيولّد تيارٌ كهربائيّ في

الدائرة الثانيه على الرغم من عدم وجود مولّد فيها، وهونائج

عن التحريض الكهروضي ويدعى بالتيار الكهربائيّ

المُتحرض ويعلّل ذلك أنّ الوشيعه الأولى تولّد حقلاً مغناطيسياً

متناوباً جيبيّاً فيتغيّر التدفق المغناطيسيّ الذي يجتاز الوشيعه

الثانيه، وتولّد قوة مُحركة كهربائية مُحركة تسبّب مرور التيار

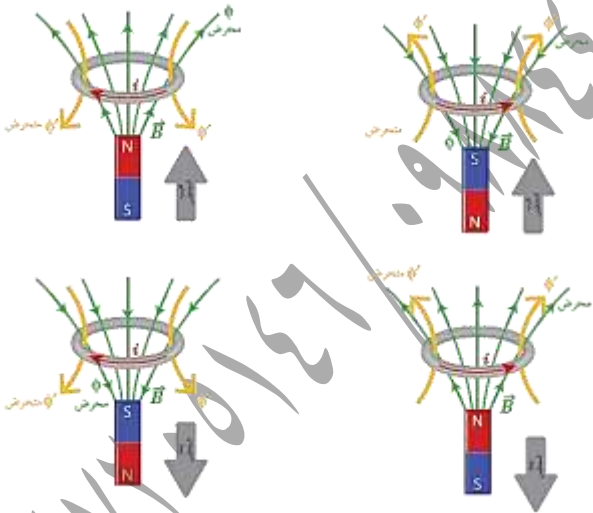
الكهربائيّ المُتحرض .

نص قانون فارداي: يولّد تيارٌ كهربائيّ مُحرض في دائرة

مُغلقة إذا تغيّر التدفق المغناطيسيّ الذي يجتازها ويدوم هذا التيارُ

بدوام تغيّر التدفق لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسيّ المُحرّض .

قانون لنز:



(1) إن تقريب القطب الشمالي من أحد وجهي

الوشيعه يولّد فيها تياراً كهربائياً مُحرضاً فيولّد بدوره حقلاً مغناطيسياً

مُحرّضاً، جهته بعكس جهة الحقل الناجم عن المغناطيس المُحرّض

الذي قربناه من وجه الوشيعه، وكذلك الأمر بالنسبة إلى

تقريب القطب الجنوبيّ .

تناسب القوة المحركة الكهربائية المتحيزة  $\mathcal{E}$ :

(1) **طرداً** مع تغير التدفق المغناطيسي المحرض  $d\Phi$ .

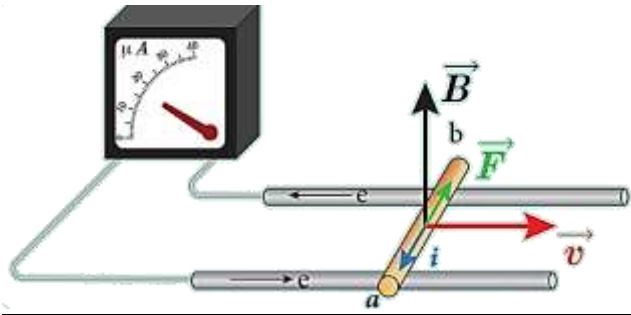
(2) **عكساً** مع زمن تغير التدفق المغناطيسي المحرض  $dt$ .

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

حيث تنسجم الإشارة السالبة مع قانون لنز.

التعليل الإلكتروني لنشوء التيار المتحيز والقوة

المحركة الكهربائية المتحيزة:



ندرج الساق الناقلة على السكتين فينحرف مؤشر مقياس

الميكرو أمبير دليل مرور تيار كهربائي **متحيز** نعل ذلك بأنه:

عند تحريك الساق بسرعة **ثابتة** عمودياً على خطوط الحقل

المغناطيسي فإن الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك

بهذه السرعة وسطياً ومع خضوعها لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم

$$\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$$

وبتأثير هذه القوة تحرك الإلكترونات الحرة في الساق وتولد **قوة**

**محركة** كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي **متحيز** عبر

الدائرة المغلقة جهته الاصطلاحية **بعكس** جهة حركة الإلكترونات الحرة

أي **بعكس** جهة القوة المغناطيسية.

(2) إن **إبعاد** القطب الشمالي للمغناطيس المحرض عن

أحد وجهي الوشعة يؤدي إلى تولد تيار متحيز في

الوشعة يولد بدوره حقلاً مغناطيسياً متحيزاً **تتفق** جهة مع جهة الحقل

الناجم عن المغناطيس المحرض، وكذلك الأمر بالنسبة إلى

إبعاد القطب الجنوبي.

(3) تسعى الوشعة **لإتصاص** التدفق المغناطيسي الذي

يجتازها في حال **تزايد** التدفق المغناطيسي المحرض الناجم

عن **تقريب** المغناطيس.

(4) تسعى الوشعة **لزيادة** التدفق المغناطيسي الذي

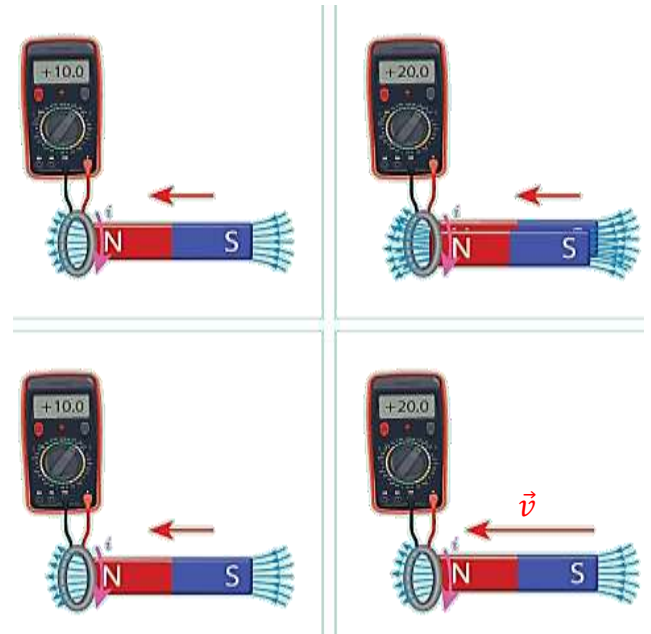
يجتازها في حالة **إنقاص** التدفق المغناطيسي المحرض الناجم

عن **إبعاد** المغناطيس.

**نص قانون لنز:** إن جهة التيار المتحيز في دائرة مغلقة تكون

محيث يُنتج أفعالاً **تعاكس** السبب الذي أدى إلى **حدوثه**.

**القوة المحركة الكهربائية المتحيزة:**



هي فرق الكمون بين طرفي الدائرة والناجم عن

تغير التدفق المغناطيسي خلال تغير الزمن.



عند فتح الدارة:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$$

تكون الاستطاعة الكهربائية الناتجة:

$$P = \varepsilon i$$

$$P = (BLv) \times \left(\frac{BLv}{R}\right)$$

$$P = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$$

ولكن عند تحريك الساق بسرعة  $v$  تنشأ قوة كهرومغناطيسية، جهتها

بعكس جهة حركة الساق المسببة لنشوء التيار المتحرض، ولا استمرار

تولد التيار يجب التغلب على هذه القوة الكهرومغناطيسية بصرف

استطاعة ميكانيكية  $P'$ .

$$P' = Fv$$

$$F = iLB \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow F = iLB : \text{ لكن}$$

$$i = \frac{BLv}{R} : \text{ والتيار المتحرض:}$$

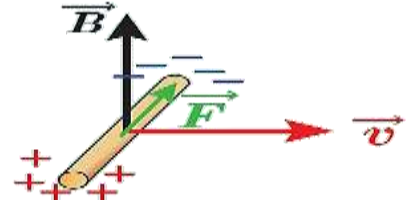
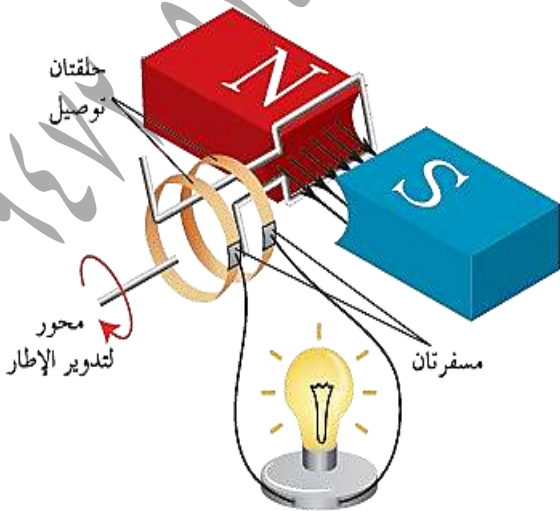
$$P' = Fv = iLBv = \frac{BLv}{R} LBv : \text{ نعوض:}$$

$$P' = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$$

$$P' = P : \text{ وبموازنة العلاقتين نجد أن:}$$

وبهذا تكون قد تحولت الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

2. مولد التيار المتناوب الجيبي:

عند تحريك الساق بسرعة  $v$  على سكتين معزولتين

في منطقة يسودها حقل مغناطيسي تنشأ القوة المغناطيسية

وبتأثير هذه القوة تنتقل الإلكترونات الحرة من أحد طرفي

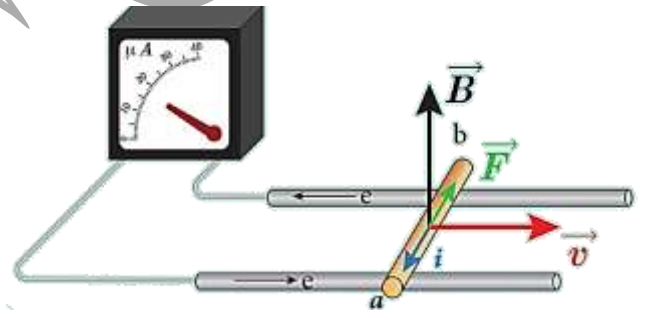
الساق الذي يكتسب شحنة موجبة، وتتراكم في الطرف الآخر

الذي يكتسب شحنة سالبة فينشأ بين طرفي الساق فرقاً

في الكون يمثل القوة المحركة الكهربائية المتحرضة.

تطبيقات التحريض الكهرومغناطيسي:

1. مبدأ المولد:



لندرس نظرياً تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية:

عند تحريك الساق بسرعة ثابتة  $v$  عمودية على شعاع الحقلالمغناطيسي المنتظم  $B$  خلال فاصل زمني  $\Delta t$  تنقل الساقمسافة:  $\Delta x = v\Delta t$  فيتغير السطح بالمقدار:

$$\Delta S = L\Delta x = Lv\Delta t$$

فيتغير التدفق المغناطيسي بالمقدار:

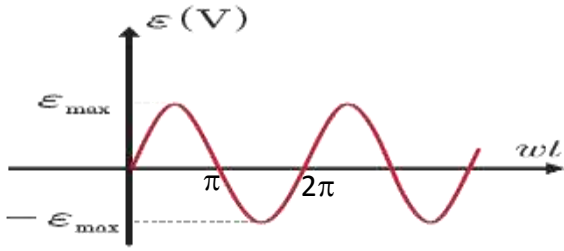
$$\Delta \Phi = B\Delta S = BLv\Delta t$$

فتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة:

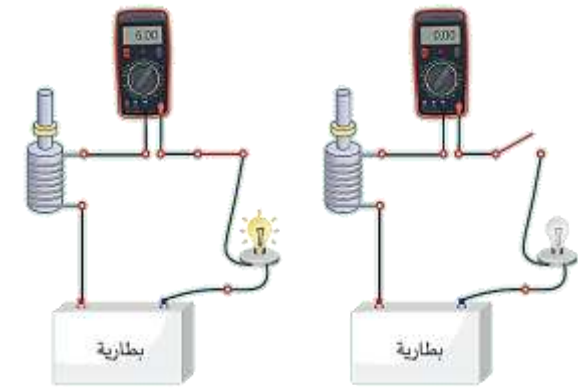
$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t} = BLv$$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته:

عند رسم تغيرات  $\varepsilon$  بدلالة  $\omega t$  نحصل على المنحنى البياني الآتي:



### 3. مبدأ المُحرِّك:



- عند إغلاق القاطعة ومنع المحرك من الدوران يوهج المصباح ويدل المقياس على مرور تيار كهربائي له شدة معينة.
- عند السماح للمحرك بالدوران تبدأ سرعته بالازدياد فيقل توهج المصباح وتنقص دلالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي شدته أصغر.
- تولد في المحرك قوة محركة كهربائية تحريضية عكسية مضادة للقوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي المولد، وتزايد بازدياد سرعة دوران المحرك.
- يوجد في المحرك وشيعة، يمر فيها تيار كهربائي تدور بتأثير حقل مغناطيسي وبسبب هذا الدوران يتغير التدفق المغناطيسي من خلال الوشيعة مما يسبب تولد قوة محركة تحريضية عكسية توقف على سرعة دوران المحرك.

**وصفه:** يتكون من إطار مؤلف من  $N$  لفة متماثلة مساحة كل منها  $S$  أسلاكه ناعلة ومعزولة وملفوفة بالاتجاه ذاته يدور حول محور في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم  $\vec{B}$  ويتصل طرفا الملف بجلقتين  $R_1, R_2$ ، بحيث يمر محور الدوران بمركز هاتين الجلقتين، وتدور الحلقتان بدوران الملف ويمس كل حلقة مسطرة معدنية (ناقلة)  $(k_1, k_2)$ ، وتصل هاتان المسطرتان الملف بالذارة الخارجية كما في الشكل السابق.

استنتاج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحيزة:

بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوى الإطار يصنع مع شعاع الحقل المغناطيسي  $\vec{B}$  زاوية قدرها  $\alpha$ ، فيكون التدفق المغناطيسي  $\Phi$  الذي يجتاز

$$\Phi = NBS \cos \alpha$$

فإذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار  $\omega$  ثابتة، فإن الزاوية

$\alpha$  التي يدورها الملف في زمن قدره  $t$ :

$$\alpha = \theta' = \omega t$$

نعوض فنجد:

وتكون القوة المحركة الكهربائية المتحيزة  $\varepsilon$ :

$$\bar{\varepsilon} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\bar{\varepsilon} = NSB\omega \sin \omega t$$

تكون  $\varepsilon$  عظمى عندما:  $\sin \omega t = 1$

نعوض:  $\varepsilon_{max} = NSB\omega$  فنجد أن:

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max} \sin \omega t$$

وبذلك نحصل على التيار المتناوب الجيبي لأن:

القوة المحركة الكهربائية المتحيزة  $\varepsilon$  متناوبة جيبيّة لحظية.

لندرس نظرياً تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في المُحرّك:

عند مرور التيار الكهربائي في السّاق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم  $\vec{B}$ ، فإنها تتأثر بقوة كهربية شدتها:

$$F = ILB$$

تعمل القوة الكهربية على تحريك السّاق بسرعة ثابتة  $v$ ،

وتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة:  $P' = Fv$

$$P' = ILBv$$

لكن عند انتقال السّاق مسافة  $\Delta x$ ، فإن التدفق المغناطيسي

$$\Delta \Phi = BLv \Delta t$$

تتولد في السّاق قوة مُحركة كهربائية مُحرضة عكسية تعاكس مرور

تيار المولد فيها تعطى قيمتها المطلقة بالعلاقة:

$$\varepsilon' = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = BLv$$

ولاستمرار مرور تيار المولد يجب تقديم استطاعة كهربائية:

$$P = \varepsilon' I$$

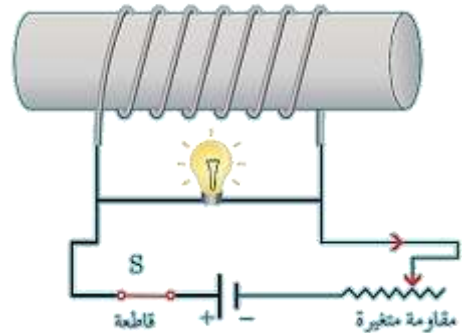
$$P = BLvI$$

بالموازنة نجد:  $P' = P$

وبهذا الشكل تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

التحريض الذاتي:

لدينا دائرة موضحة بالشكل تتألف من وشيعة ومصباح وأببال كهربائية ومقاومة مُغيرة مع زلقه (مُعدلة) وقاطعة وأسلاك توصيل نغلق القاطعة، ونحرك الزلقة حتى تصبح إضاءة المصباح خافتة.



• عند فتح القاطعة يوهج المصباح بشدة قبل أن ينطفئ، ممّا

يدل على حصول المصباح على الطاقة من مصدر آخر غير المولد؛ لأن دارة مفتوحة ولا يوجد في الدارة إلا

الوشيعة، ويحدث هذا نتيجة التحريض الذاتي في الوشيعة،

حيث أن فتح القاطعة يؤدي إلى تناقص شدة التيار المار

في الوشيعة، فيتناقص تدفق الحقل المغناطيسي المتولد

في الوشيعة خلال الوشيعة ذاتها، الأمر الذي يولد قوة كهربائية

مُحرّكة مُحرضة في الوشيعة أكبر من القوة المُحرّكة الكهربائية

للمولد، لأن زمن تناقص الشدة مُناهي الصغر حيث

تكون قيمة  $\frac{di}{dt}$  أعلى ما يمكن لحظة فتح القاطعة.

• عند إغلاق القاطعة من جديد يوهج المصباح ثم يعود إلى

ضوئه الخافت، حيث تزايد شدة التيار وبالتالي تزايد تدفق الحقل

المغناطيسي المتولد عن الوشيعة عبر الوشيعة ذاتها، فيتولد

فيها قوة مُحركة كهربائية مُحرضة تمنع مرور التيار المولد فيها، ويمر تيار

المُحرض في المصباح فقط مُسبباً توهجه قبل أن تخبوا إضاءته

بسبب تناقص قيمة  $\frac{di}{dt}$  للتيار المُحرض وازدياد مرور تيار المولد

تدريجياً في الوشيعة حتى ثابت الشدة فتتقدم القوة المُحرّكة

الكهربائية المُحرّصة في الوشيعة.

إن الوشيعة قامت بدور مُحرض ومُحرض في آن واحد،

لذلك ندعو الدارة بالدائرة المُحرّصة الذاتية وندعو الحادثة تحريضاً

ذاتياً.

ذاتية الوشيعة: تعطى شدة الحقل المغناطيسي المتولد

عن مرور تيار في الوشيعة بالعلاقة:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{\ell}$$

$$\bar{E} = Ri + L \frac{di}{dt}$$

نضرب طرفي العلاقة ب  $idt$  فنجد:

$$Eidt = Ri^2 dt + Lidi$$

يمثل المقدار  $Eidt$  الطاقة التي يقدمها المولد خلال الزمن  $dt$  وهذه الطاقة تنقسم إلى قسمين:

**القسم الأول:**  $Ri^2 dt$  يمثل الطاقة الضائعة حرارياً بفعل جول في المقاومة خلال الزمن  $dt$ .

**القسم الثاني:**  $Lidi$  يمثل الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعه خلال الزمن  $dt$ .

وتخزن الوشيعه طاقة كهرومغناطيسية  $E_L$  في لحظة  $t$  عندما تزداد شدة التيار المارة في الدارة من الصفر إلى قيمتها النهائية  $I$ .

$$E_L = \int_0^I Lidi$$

$$E_L = \frac{1}{2} LI^2$$

وهي العلاقة المحددة للطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعه ويمكن أن تكتب بالشكل:

$$\Phi = LI \Rightarrow L = \frac{\Phi}{I}$$

$$E_L = \frac{1}{2} \Phi I$$

**تطبيق:** وشيعه طولها  $20 \text{ cm}$  وطول سلكها  $40 \text{ m}$  بطبقة واحدة مقاومتها الأومية مهملة والمطلوب:

(1) احسب ذاتية الوشيعه.

(2) إذا كان نصف قطر اللفة الواحدة  $4 \text{ cm}$  فاحسب عدد لفات الوشيعه.

(3) نمر في الوشيعه تياراً كهربائياً تزداد شدته بانتظام من الصفر

إلى  $10 \text{ A}$  خلال  $0.5 \text{ S}$  احسب القوة المحركة الكهرومغناطيسية

المولدة داخل الوشيعه مُحدداً جهة التيار المتحرض.

ويكون تدفق هذا الحقل من خلال الوشيعه ذاتها:

$$\bar{\Phi} = NSB$$

$$\bar{\Phi} = NS(4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{\ell})$$

$$\bar{\Phi} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{\ell} i$$

نلاحظ أن أمثال شدة التيار مقدار ثابت يميز الوشيعه، يدعى

ذاتية الوشيعه  $L$  واحدة قياسها في الجملة الدولية هي

الهنري  $H$  وهو ذاتية دارة مغلقة يجازها تدفق مغناطيسي

قدره ويبر واحد عندما يمر فيها تيار، قدره أمبير واحد.

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{\ell}$$

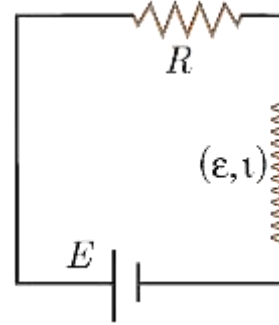
نعوض فنجد:  $\bar{\Phi} = Li$

فتصبح علاقة القوة المحركة الكهرومغناطيسية الذاتية بدلالة شدة

التيار المتغير الذي يجازها:  $\bar{\epsilon} = -\frac{d\bar{\Phi}}{dt}$

$$\bar{\epsilon} = -L \frac{di}{dt}$$

الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في وشيعه:



نربط وشيعه ذاتيتها  $L$ ، على التسلسل مع مقاومة أومية  $R$  ومولد

قوته المحركة الكهرومغناطيسية  $E$ ، كما في الدارة الموضحة بالشكل:

بحسب قانون كيرشوف الثاني:

$$\sum \bar{E} = Ri$$

$$\bar{E} + \bar{\epsilon} = Ri$$

$$\bar{E} - L \frac{di}{dt} = Ri$$

(4) احسب الطاقة الكهروضية المخزنة في الوشيعه.

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{\ell} \quad \text{(الحل: 1)}$$

لكن عدد اللفات يُعطى بالعلاقة:  $N = \frac{\ell'}{2\pi r}$

وسطح الوشيعه يعطى بالعلاقة:  $S = \pi r^2$

نعوض:  $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{(\frac{\ell'}{2\pi r})^2 \pi r^2}{\ell}$  فنجد بعد الاختصار:

$$L = 10^{-7} \frac{\ell'^2}{\ell} = 10^{-7} \times \frac{1600}{0.2}$$

$$L = 8 \times 10^{-4} \text{ H}$$

$$N = \frac{\ell'}{2\pi r} = \frac{40}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}} = \frac{4000}{25} = 160 \text{ لفه} \quad (2)$$

$$\bar{\epsilon} = -L \frac{di}{dt} = -8 \times 10^{-4} \frac{10}{0.5} \quad (3)$$

$$\bar{\epsilon} = -16 \times 10^{-3} \text{ V}$$

بالتالي  $\vec{B}$  مُحَرِّض،  $\vec{B}'$  مُحَرَّض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين.

$$E_L = \frac{1}{2} LI^2 \quad (4)$$

$$E_L = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-4} \times 100 = 4 \times 10^{-2} \text{ J}$$

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

(1) وشيعه طولها  $\ell = 10 \text{ cm}$  وطول سلكها  $\ell' = 10 \text{ m}$  فقيمة ذاتيتها:

$$10^{-4} \text{ H} \quad (a) \quad 10^{-6} \text{ H} \quad (b)$$

$$10^{-8} \text{ H} \quad (c) \quad 10^{-7} \text{ H} \quad (d)$$

الإجابة الصحيحة: (a)  $L = 10^{-4} \text{ H}$

توضيح اختيار الإجابة:  $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{(\frac{\ell'}{2\pi r})^2 \pi r^2}{\ell} = 10^{-7} \frac{(\ell')^2}{\ell}$$

$$L = 10^{-7} \frac{(10^2)}{10 \times 10^{-2}} = 10^{-4} \text{ H}$$

(2) في تجربة السكين التحريضية حيث الدارة مغلقة تكون القيمة المطلقة لشدة التيار المتحرّض:

$$BLv \quad (a) \quad \frac{BLv}{R} \quad (b)$$

$$0 \quad (c) \quad -\frac{BLv}{R} \quad (d)$$

ثانياً: ماذا تتوقع أن يحدث في كل من الحالات الآتية مُعللاً إجابتك:

(1) في تجربة السكين التحريضية حيث الدارة مغلقة، نزيد سرعة تدحرج الساق على السكين.

الحدث: تزداد شدة التيار المتحرّض.

التعليل: لأن شدة التيار المتحرّض تناسب طرماً مع سرعة

$$i = \frac{BLv}{R} = \text{const} \quad v \text{ التدحرج}$$

(2) تقرب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهي وشيعه تصل طرفاها ببعضهما البعض.

الحدث: يتولد تيار متحرّض في الوشيعه بحيث يصبح وجه الوشيعه المقابل للقطب الشمالي وجهاً شمالياً.

التعليل: تقرب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق

المغناطيسي المحرّض الذي يجتاز حلقات الوشيعه فحسب

قانون لنز تكون جهة التيار المتحرّض بحيث تنتج أفعالاً تعاكس

السبب الذي أدى إلى حدوثه لهذا فالوجه الشمالي

يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع عملية التقريب.

(3) تقرب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهي حلقة نحاسية دارتها مفتوحة.

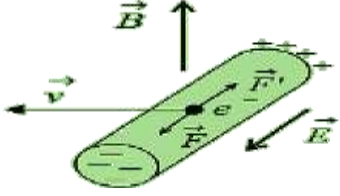
الحدث: يتولد قوة محركة كهربائية متحرّضة مساوية لفرق الكمون

بين طرفي الحلقة.



السَّالِبَةُ فِي طرفٍ آخَرَ، ويستمرُّ التَّراكمُ إلى أنْ يَصِلَ إلى قيمةٍ حَدِيَّةٍ تَوْقُفُ عندها . فسِرْ ذلك .

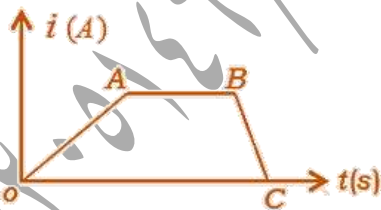
الحل:



إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يُولد حقلاً كهربائياً  $E$  يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة يؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترونات الحرة بقوة كهربائية  $F'$  جهتها **تعاكس** جهة القوة المغناطيسية  $F$  (قوة لورنز) المؤثرة في هذا

الإلكترونات ثم تزداد شدة الحقل الكهربائي بازدياد تراكم الشحنات الكهربائية مما يزيد من شدة هذه القوة الكهربائية لتصبح **مساوية** لشدة القوة المغناطيسية (قوة لورنز) فتتوقف حركة الإلكترونات .

(3) يبين الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعية في حادثة التحريض الذاتي .

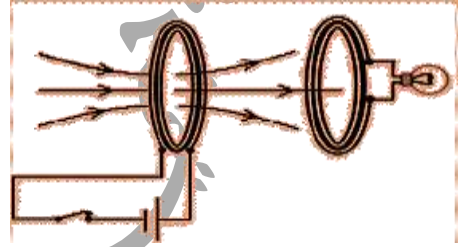


(a) ماذا تمثل كل من المراحل: (BC, AB, OA) .  
(b) أيهما أكبر القوة المحركة الكهربائية المتحصلة عند إغلاق أو فتح الدارة  
(c) في أي المراحل تزداد الطاقة الكهربائية المخزنة في الوشيعية؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تناقص الطاقة الكهربائية المخزنة في الوشيعية .

التعليل: تتأثر الإلكترونات الحرة بقوة لورنز المغناطيسية فتنتقل وتتراكم شحنات سالبة عند طرف الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر للحلقة فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الحلقة .

ثالثاً: أجِبْ عن الأسئلة الآتية:

(1) ملفان متقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي والثاني إلى مصباح هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين؟ في حال النفي ماذا تفعل ليضيء المصباح؟ ولماذا؟



الحل: لا يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين لأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول لا يتغير من خلال الملف الثاني .

ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول ويمكن تحقيق ذلك:

- بفتح وغلق القاطعة باستمرار في دائرة الملف الأول فتتغير شدة الحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول وبالتالي يتغير التدفق المغناطيسي لهذا الحقل من خلال الملف الثاني فيتولد تيار كهربائي متحرض بسبب إضاءة المصباح .
- تحريك أحد الملفين نحو الآخر .
- استبدال البيل الكهربائي بمنع تيار كهربائي متناوب .

(2) في تجربة الساق المتحركة بوجود الحقل المغناطيسي المنتظم في دائرة مفتوحة، تراكم الشحنات الموجبة في طرف والشحنات



$$\alpha = 0 \Rightarrow \cos \alpha = 1 \Rightarrow \Phi = NBS$$

$$\Phi = N \left( 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I \right) S \quad (C)$$

$$\Phi = N \left( 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2}{\ell} S \right) I$$

$$\Phi = LI$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

تتعدم قيمة هذه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآتية الذاتية عند ثبات قيمة التيار.

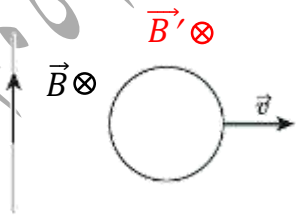
(5) في الشكل المجاور ملف دائري نُحْرَكُهُ بِسُرْعَةٍ ثَابِتَةٍ عَمُودِيَّةٍ عَلَى السِّلْكِ الْمُسْتَقِيمِ الْمَطْلُوبِ:



(a) حدّد على الرّسم جهة الحقل المغناطيسي المتولّد عن مرور التيار الكهربائي في السِّلْكِ الْمُسْتَقِيمِ عِنْدَ مَرَكِزِ الْمَلَفِ الدَّائِرِيِّ.

(b) حدّد على الرّسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرض المتولّد في الملف، وجهة التيار الكهربائي المتحرض.

(c) صِفْ مَا يَحْدُثُ إِذَا أَوْقَفْنَا الْمَلَفَ عَنِ الْحَرَكَةِ، مُعَلِّلاً إِجَابَتَكَ؟  
(الحل: a + b) جهة التيار المتحرض بنفس جهة دوران عقارب الساعة



(c) إِذَا أَوْقَفْنَا الْمَلَفَ الدَّائِرِيِّ عَنِ الْحَرَكَةِ تَبَتَّ شِدَّةُ الْحَقْلِ الْمَغْنَطِيسِيِّ الْحَرَضِ وَبِالتَّالِي يَصْبِحُ تَغْيِيرُ التَّدْفِقِ الْمَغْنَطِيسِيِّ

الحرَضِ مَعْدُومٌ فَتَعْدُمُ الْقُوَّةُ الْحَرَكَةُ الْكَهْرَبَائِيَّةُ الْمُتَحَرِّضَةُ وَتَعْدُمُ شِدَّةُ

التيار المتحرض.

(الحل: a) المرحلة OA تزايد شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعه فيتوهج المصباح نسبيا ثم يعود لإضاءةه الخافتة.

المرحلة AB ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعه فتثبت شدة إضاءة المصباح.

المرحلة BC تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعه فيتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ.

(b) عند فتح الدارة تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر من القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند غلق القاطعة لأن القيمة المطلقة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة  $\bar{\varepsilon} = -L \frac{di}{dt}$

تناسب عكساً مع  $dt$  وزمن تناقص شدة التيار في المرحلة BC أصغر من زمن تزايد التيار في المرحلة OA لذا تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر عند فتح الدارة.

(c) تزداد الطاقة الكهربائية المخزنة في الوشيعه في المرحلة OA وتكون الطاقة الكهربائية المخزنة في الوشيعه ثابتة في المرحلة AB وتتناقص الطاقة الكهربائية المخزنة في ذاتية الوشيعه في المرحلة وتتحول BC إلى طاقة كهربائية.

(4) وشيعة يمر فيها تيار كهربائي مُتَغَيِّرُ شِدَّتِهِ  $i$ :

(a) اكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي المتولّد داخلها نتيجة مرور التيار.

(b) اكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.

(c) استنبج العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية

المتحرضة الآتية الذاتية المتحرضة فيها موضحاً متى تتعدم قيمة هذه القوة.

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{\ell} I \quad (a) \text{ (الحل:)}$$

$$\Phi = NBS \cos \alpha \quad (b) \text{ لكن:}$$

**المسألة الأولى:** ملف دائري، يتألف من 100 لفّة متماثلة، نصف قطره الوسطي 4 cm، نصل طرفيه بمقياس أمبير موصولاً على التسلسل مع مقاومة أومية قيمتها 20Ω، نقرّب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمغناطيس مُستقيم وفق محوره، فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الدائري بانتظام من الصفر إلى 0.08T خلال 2S المطلوب:

(1) احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحيزة المتولدة في الملف الدائري مُحدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض.

(2) ما نوع الوجه المقابل للقطب الشمالي؟

(3) احسب شدة التيار المارة في الملف.

(4) احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة المتولدة عن الملف الدائري ثم الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية وماذا تستنتج.

$$\bar{\varepsilon} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (\text{الحل: 1})$$

$$\bar{\varepsilon} = - \frac{N(\Delta B)S \cos \alpha}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = - \frac{100 \times (0.08 - 0) \times 16\pi \times 10^{-4} \times 1}{2}$$

$$\varepsilon = -2 \times 10^{-2} V$$

بما أن  $\bar{\varepsilon} < 0$  وحسب لنز  $\vec{B}$  مُحرض،  $\vec{B}'$  مُحرض يجهتين متعاكستين أي  $\Phi$  مُحرض يعاكس  $\Phi'$  مُحرض.

(2) الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي يدور فيه التيار

المتحرض بعكس دوران عقارب الساعة.

$$i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = - \frac{2 \times 10^{-2}}{20} = -10^{-3} A \quad (3)$$

$$P = \varepsilon i = -2 \times 10^{-2} \times -10^{-3} \quad (4)$$

$$P = 2 \times 10^{-5} \text{ Watt}$$

$$P' = Ri^2 = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5} \text{ Watt}$$

أي أن الاستطاعة الكهربائية تحولت إلى استطاعة حرارية.

**المسألة الثانية: (1)** لدينا وشيعة، طولها 30cm، قطرها 4 cm،

تحتوي 1200 لفّة، نمرّر فيها تياراً شدته 4A احسب شدة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة.

(2) نفّ حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً يحوي

100 لفّة معزولة، ونصل طرفيه بمقياس غلفاني، بحيث تكون

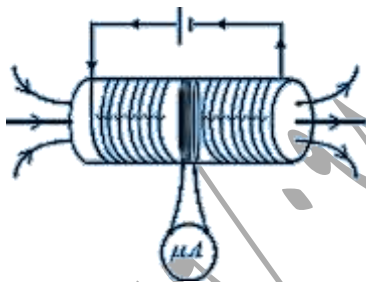
المقاومة الكلية للدائرة الجديدة 16Ω علل نشوء التيار المتحرض في

الملف الدائري وما دلالة المقياس عند قطع التيار عن الوشيعة

خلال 0.5 S تكون المقاومة الكلية للدائرة الجديدة تتناقص فيها

الشدّة بانتظام؟

الحل:



$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{l} I \quad (1)$$

$$B = 12.5 \times 10^{-7} \frac{1200}{30 \times 10^{-2}} \times 4$$

$$B = 2 \times 10^{-2} T$$

(2) تلعب الوشيعة دور جملة مُحرضة والملف جملة متحيزة وعند قطع

التيار عن الوشيعة يتناقص التدفق المغناطيسي المُحرض الناتج

عن الوشيعة الذي يحثّاز الملف وهذا يؤدي حسب

قانون فارداي إلى نشوء تيار متحرض في الملف.

$$i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = - \frac{\Delta \Phi}{R \Delta t} = - \frac{N \Delta B S \cos \alpha}{R \Delta t}$$

$$F = ILB \sin \theta$$

$$1.2 = 20 \times 30 \times 10^{-2} \times B \times 1$$

$$B = \frac{1.2}{20 \times 30 \times 10^{-2} \times 1} = 0.2T$$

$$W = F \Delta x = F v \Delta t \quad \text{(طريقة (1))}$$

$$W = 1.2 \times 0.4 \times 2 = 0.96 J$$

$$W = I \Delta \Phi \quad \text{(طريقة (2))}$$

$$W = IB \Delta S = IBL \Delta x = IBL v \Delta t$$

$$W = 20 \times 0.2 \times 30 \times 10^{-2} \times 0.4 \times 2$$

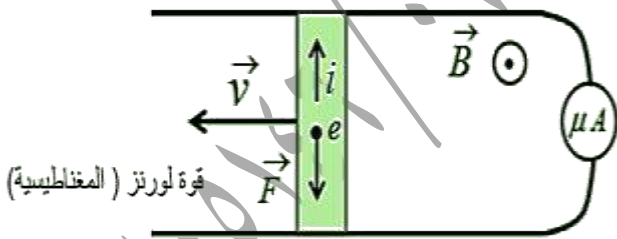
$$W = 0.96 J$$

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{B \Delta S}{\Delta t} \right| = \left| \frac{B L \Delta x}{\Delta t} \right| = \quad (3)$$

$$\varepsilon = \left| \frac{B L v \Delta t}{\Delta t} \right| = B L v =$$

$$\varepsilon = 0.2 \times 30 \times 10^{-2} \times 5 = 0.3 V$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.3}{5} = 0.06 A$$



$$P = \varepsilon i \quad (4)$$

$$P = 0.3 \times 6 \times 10^{-2} = 18 \times 10^{-3} \text{ Watt}$$

$$F = i L B \sin \theta$$

$$F = 0.06 \times 30 \times 10^{-2} \times 0.2 \times 1$$

$$F = 36 \times 10^{-4} N$$

$$i = - \frac{100 (0 - 2 \times 10^{-2}) \pi (2 \times 10^{-2})^2 \times 1}{16 \times 0.5}$$

$$i = \frac{8\pi \times 10^{-4}}{8} = \pi \times 10^{-4} A$$

المسألة الثالثة: في تجربة السكين الكهروضيية يبلغ طول الساق

التحاسية المستندة عمودياً عليهما  $30 \text{ cm}$  وكتلتها  $60g$  والمطلوب:

(1) احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في

السكين لتكون شدة القوة الكهروضيية مساوية لمثلي ثقل

الساق وذلك عند إمرار تيار كهربائي شدته  $20A$ .

(2) احسب عمل القوة الكهروضيية المؤثرة في الساق إذا تدرجت

بسرعة ثابتة قدرها  $0.4 \text{ m.s}^{-1}$  لمدة ثانيتين.

(3) نرفع المولد من الدارة السابقة، ونستبدله بمقياس غلفاني،

ونخرج الساق بسرعة وسطية ثابتة  $5 \text{ m.s}^{-1}$  ضمن الحقل

السابق استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحيزة ثم احسب

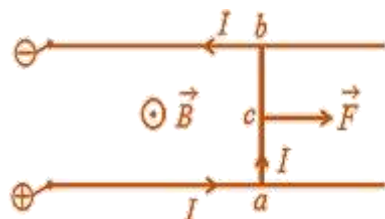
قيمتها ثم احسب شدة التيار المتحيز بافتراض أن المقاومة الكلية

للدارة ثابتة وتساوي  $5\Omega$  ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبين جهة

كل من  $(\vec{v}, \vec{B})$  وجهة التيار المتحيز.

(4) احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة، ثم احسب شدة القوة

الكهروضيية المؤثرة في الساق في أثناء تدرجها.



(الحل: 1)

$$F = 2W = 2mg$$

$$F = 2 \times 60 \times 10^{-3} \times 10$$

$$F = 1.2 N$$

$$\Delta\Phi = B \Delta S \cos \alpha = B L v \Delta t \cos \alpha$$

فتولد قوة محرّكة كهربائية متحرّصة قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = BLv \cos \alpha$$

فيتولد تيار كهربائي متحرّص:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = BLv \cos \alpha$$

$$\Rightarrow R = \frac{BLv \cos \alpha}{i}$$

$$R = \frac{0.8 \times 40 \times 10^{-2} \times 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}}$$

$$R = 32 \times 10^{-2} \Omega$$

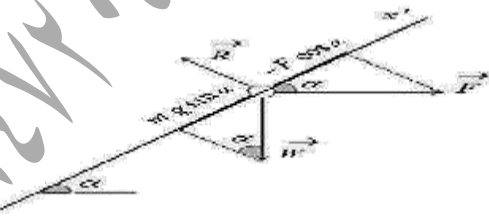
(3) جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدروسة: الساق الموازنة.

القوى الخارجية المؤثرة:  $\vec{W}$  ثقل الساق -  $\vec{F}$  القوة الكهربية  $\vec{R}$  رد فعل السكين.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{W} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$$

بالإسقاط على  $xx'$  يوازي السكين:



$$mg \sin \alpha - F \cos \alpha + 0 = 0$$

$$mg \sin \alpha = F \cos \alpha$$

$$\Rightarrow m = \frac{F}{g \tan \alpha} = \frac{iLB \sin \frac{\pi}{2}}{g \tan \alpha}$$

المسألة الرابعة: سكتان نحاسيتان متوازيتان، تميل كل

منهما على الأفق بزاوية  $45^\circ$ ، تستند إليهما ساق نحاسية طولها

$L = 40 \text{ cm}$ ، تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم

شاقولي شدته  $0.8 \text{ T}$  تغلق الدارة، ثم تترك لتتزلق دون

احتكاك بسرعة ثابتة، قيمتها  $2 \text{ m.s}^{-1}$  والمطلوب:

(1) بين أنه تنشأ قوة كهربية تعيق حركة الساق.

(2) استنتج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة ثم احسب قيمتها إذا

كانت شدة التيار المتحرّص المتولد فيها  $\sqrt{2} \text{ A}$ .

(3) استنتج العلاقة المحددة لكلية الساق، ثم احسب قيمتها.

(الحل: 1) عند تحريك الساق بسرعة ثابتة، عمودي على

خطوط الحقل المغناطيسي فإن كل إلكترون حرّفي

الساق سيتحرك بهذه السرعة وسطياً، ومع خضوعه لتأثير الحقل

المغناطيسي المنتظم فإنه يخضع لتأثير القوة المغناطيسية

$$\vec{F} = e \vec{v} \wedge \vec{B}$$

الدائرة فيتولد تيار كهربائي متحرّص ينتج أفعالا تعاكس السبب

الذي أدى إلى حدوثه فتنشأ قوة كهربية معاكسة لجهة

حركة الساق.

(2) عند حركة الساق بسرعة ثابتة  $\vec{v}$  خلال الفاصل الزمني  $\Delta t$

تنتقل مسافة  $\Delta x = v \Delta t$  فتغير مساحة السطح الذي

تخترقه خطوط الحقل المغناطيسي بالمقدار:

$$\Delta S = L \Delta x = L v \Delta t$$

فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الدارة بمقدار:

$$\sin 20t = 0 \Rightarrow 20t = \pi k \Rightarrow t = \frac{\pi k}{20}$$

لحظة الانعدام الأولى:  $k = 0 \Rightarrow t = 0 \text{ s}$

لحظة الانعدام الثانية:  $k = 1 \Rightarrow t = \frac{\pi}{20} \text{ s}$

$$i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{16 \times 10^{-2} \times \sin 20t}{4} \quad (3)$$

$$i = 4 \times 10^{-2} \sin 20t \text{ A}$$

التفكير الناقد: تعطى القوة الحركية الكهربائية المتحرّضة

الذاتية بالعلاقة  $\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$  ناقش العلاقة عندما:

(1) عندما تزداد شدة التيار المحرض المار في الوشيجة.

(2) عندما تتناقص شدة التيار المحرض المار في الوشيجة.

(الجواب: 1) عندما تزداد شدة التيار المحرض المار في الوشيجة

تزداد الحقل المغناطيسي المحرض المولد من قبل الوشيجة

ذاتها فيزداد التدفق المغناطيسي المحرض وتصبح القوة الحركية

الكهربائية المتحرّضة أصغر من الصفر ويكون  $\vec{B}$  محرض

و  $\vec{B}$  متحرض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين.

(2) عندما تتناقص شدة التيار المحرض المار في الوشيجة

تتناقص الحقل المغناطيسي المحرض المولد من قبل الوشيجة

ذاتها فيتناقص التدفق المغناطيسي المحرض وتصبح القوة

الحركية الكهربائية المتحرّضة أكبر من الصفر ويكون

$\vec{B}$  محرض و  $\vec{B}$  متحرض على حامل واحد وبجهة واحدة.

----- انتهى البحث -----

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

$$m = \frac{\sqrt{2} \times 40 \times 10^{-2} \times 0.8 \times 1}{10 \times 1}$$

$$m = 32\sqrt{2} \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

المسألة الخامسة: إطار مربع الشكل طول ضلعه  $4 \text{ cm}$ ، مؤلف من

100 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول، ندير الإطار حول

محور شاقولي مار من مركزه وبضلعين أفقيين.

مقابلين بحركة دائرية منتظمة تقابل  $\frac{10}{\pi} \text{ Hz}$  ضمن حقل

مغناطيسي منتظم أفقي شدته  $5 \times 10^{-2} \text{ T}$  خطوطه

ناظمية على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة

ومقاومتها  $R = 4 \Omega$  والمطلوب:

(1) اكتب التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرّضة الآتية

الناشئة في الإطار.

(2) عيّن اللحظتين الأولى والثانية التي تكون فيها

قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرّضة الآتية الناشئة معدومة.

(3) اكتب التابع الزمني للتيار الكهربائي المتحرض اللحظي

المار في الإطار. (نهل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{\max} \sin \omega t \quad (\text{الحل: 1})$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{10}{\pi} = 20 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\varepsilon_{\max} = N B S \omega$$

$$\varepsilon_{\max} = 100 \times 5 \times 10^{-2} \times 16 \times 10^{-4} \times 20$$

$$\varepsilon_{\max} = 16 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon} = 16 \times 10^{-2} \sin 20t$$

$$\bar{\varepsilon} = 16 \times 10^{-2} \sin 20t = 0 \quad (2)$$