

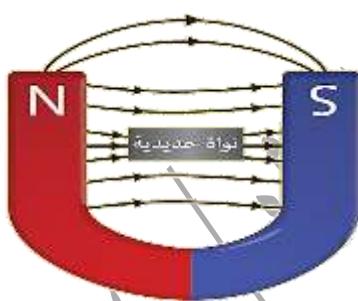
كيف يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي \vec{B} في نقطة من الحقل؟

يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المغناطيس بوساطة إبرة مغناطيسية موضوعة في النقطة المراد تعين شعاع الحقل المغناطيسي \vec{B} فيها بعد استقرارها:

الحام: المستقيم الواصل بين قطبي الإبرة المغناطيسية.
الجهة: من القطب الجنوبي للإبرة إلى قطبها الشمالي.

الشدة: يسدل عليها من خلال سرعة اهتزاز الإبرة المغناطيسية في تلك النقطة فإذا زادت شدة الحقل المغناطيسي تزداد سرعة اهتزاز الإبرة وتقدر في الجملة الدولية واحدة التسلا T .

الحقل المغناطيسي بوجود الحديد:



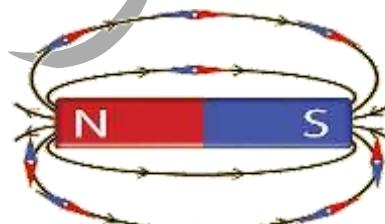
عند وضع نواة حديدية بين قطبي مغناطيس نضوي نلاحظ:

- تقارب برادة الحديد عند طرفي النواة الحديدية وتشكّف خطوط الحقل المغناطيسي ضمن النواة الحديدية.
- التعليق: تمعنط نواة الحديد، ويولّد منها حقلًا مغناطيسيًا \vec{B}_t إضافيًّا يضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي \vec{B} . المغناط \vec{B} فيشكل حقلًا مغناطيسيًا كليًّا \vec{B}_t .
- يُستفاد من وضع النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس الضوئي في زيادة شدة الحقل المغناطيسي.

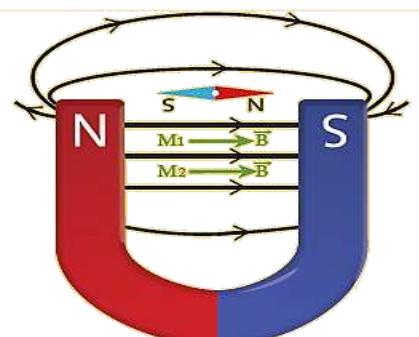
المختبر المغناطيسي

الحقل المغناطيسي: هو منطقة إذا وضعت فيها إبرة مغناطيسية حرّة الحركة، فإنّها تخضع لافعال مغناطيسية وتأخذ الإبرة المغناطيسية منحى واتجاهًا معينين بتأثير الحقل المغناطيسي.

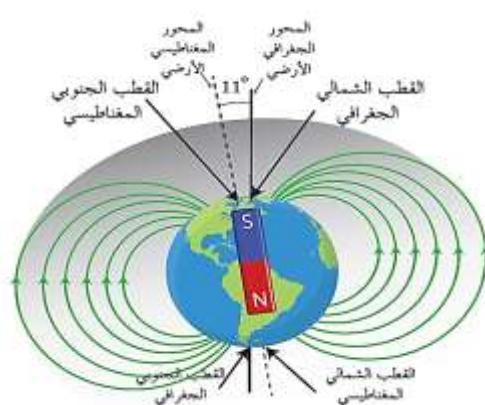
- خطوط الحقل المغناطيسي هي خطوط وهمية ماسة في كل نقطة من نقاط شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة.
- تتجه خطوط الحقل المغناطيسي خارج المغناطيس من قطب الشمالي إلى قطب الجنوبي، وتكمّل دورتها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي.



- تأخذ خطوط الحقل المغناطيسي بين قطبي المغناطيس النضوي شكل خطوط مستقيمة متوازية، و لها الجهة نفسها، ثم تتحين خارج قطبي المغناطيس.
- يكون الحقل المغناطيسي منتظمًا إذا كانت أشعة الحقل متوازية، ولها الشدة نفسها، والجهة ذاتها (متقاربة فيما بينها).



عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة:



- تسلُّكُ الأرض سلوكَ مغناطيسٍ مستقيمٍ كثيفٍ، منتصفٍ في مركزها.
- ينبعُ محورُ الأقطاب المغناطيسية قُربَةً 11° عن محورِ دورانِ الأرض المنطبقِ على (الشمال - الجنوب) الجغرافي.
- قطباهما المغناطيسيان لا يتطابقان قطبيها المغراقيين أي أنَّ القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض يقع بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي، والقطب المغناطيسي الشمالي للأرض يقع قرب القطب الجنوبي الجغرافي للأرض.
- تُسمى الزاوية بين مستوى الإبرة وخط الأفق زاوية الميل.
- عند وضع إبرة مغناطيسية محور دورانها أفقياً عند أحد القطبين المغراقيين فإنها تسقُر بوضع شاقولي أي تصنُع مع خط الأفق زاوية ميل قياسُها 90° تقريباً.
- وعند نقل الإبرة إلى خط الاستواء فإنها تتطبق على الأفق، أي أنَّ قياسَ زاوية ميل الإبرة مع خط الأفق يساوي الصفر.

عامل النفاذية المغناطيسي لـ:

نسمى النسبة بين قيمةِ الحقلِ الكلي \vec{B}_t بوجودِ النواةِ الحديدية بين قطبيِ المغناطيس إلى قيمةِ الحقلِ المغناطيسيِّ الأصليِّ (المغناطيس) \vec{B} عاملِ النفاذية المغناطيسيِّ أي:

$$\mu = \frac{B_t}{B}$$

μ : عاملِ النفاذية المغناطيسيِّ لا واحدةٌ قياس له.

B_t : شدةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الكلِي يقاس بالتسلا T.

B : شدةُ الحقلِ المغناطيسيِّ المغناطيس يقاس بالتسلا T.

• يتعلَّقُ عاملِ النفاذية المغناطيسيِّ بعواملين، هما:

a- طبيعةُ المادةِ من حيث قابلتها للمغناطة.

b- شدةُ الحقلِ المغناطيسيِّ المغناطيس \vec{B} .

الحقل المغناطيسيِّ الأرضيِّ:

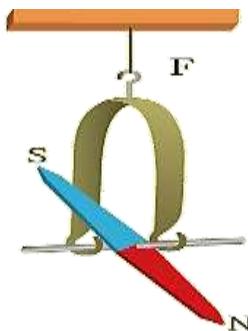
- اعتقدَ العلماء بدايةً أنَّ المادَّة المغناطيسية في الأرض مسؤولة

عن مغناطيسية الأرض، لكنَّ درجات الحرارة العالية جداً في جوفِ الأرض يجعلُ من الصعبِ حفاظُ على مغناطيسية دائمةٍ للموادِ الحديدية في باطنِ الأرض.

- ويعزو العلماء مغناطيسية الأرض إلى الشحناتِ المتحركةِ في

سوائلِ جوفِ الأرض (أيونات موجبة، وإلكترونات سالبة) التي تولدُ بحركتها تياراتٍ كهربائيةً داخلَ الأرض ينشأ عنها حقولٌ مغناطيسية.

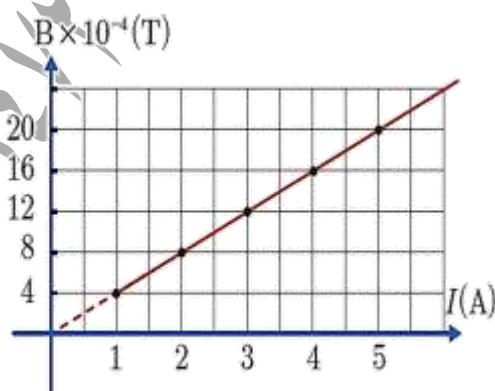
- تأخذ الإبرة المغناطيسية لبوصلة محور دورانها شاقوليًّا منحنيًّا المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي \vec{B}_H ، في مستوى الزوال المغناطيسي.
- في حين تأخذ الإبرة حركة الحركة منحنيًّا المغناطيسي الكلي \vec{B} .



الحقول المغناطيسية للتغيرات الكهربائية:

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

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



- وعنده وضع إبرة مغناطيسية محور دورانها شاقوليًّا بعيدة عن أي تأثير مغناطيسي يمكنها الدوران بحرية في مستوى أفقى فإنها تسقُر موازية لخط أفقى يسمى خط الزوال المغناطيسي.
- تسمى الزاوية المحسورة بين خط مستو الزوال المغناطيسي وخط مستو الزوال الجغرافي للأرض زاوية الانحراف المغناطيسي. ويتغير مقدارها بين (0° - 180°).



- تغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من منطقة لأخرى على سطح الأرض حسب موقعها الجغرافي.
- ويعُد شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في مستوى الزوال المغناطيسي (وهو المستوى المعرف بخط الزوال المغناطيسي ومركز الأرض).

• يُعين شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي بوساطة زاويتي الميل والانحراف لتحديد منحني واتجاه الإبرة المغناطيسية.

- يمكن تحويل شعاع الحقل المغناطيسي إلى مركبتين:

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

$$(2) \text{ مركبة شاقولية } \vec{B}_v : \text{ شدتها } B_v = B \sin i$$

أاما نظرياً فإنها تحدد بقاعدة اليد اليمنى:

نضع ساعد اليد اليمنى يوازي السلك ويدخل التيار من الساعد ويخرج من نهايات الأصابع ونوجه باطن الكف نحو النقطة المدرosaة قشیر **ابهام اليد اليمنى** إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

الشدة: إن شدة الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل شناسب طرداً مع شدة التيار الكهربائي I ، وعكساً مع عد النقطة المعتبرة عن محور السلك d ، ويعطى العلاقة:

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

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

I شدة التيار الكهربائي (T) _ B شدة المغناطيسية (A) _ d بعد النقطة المترتبة عن محور السلك (m)

تطبيق (1): نمررُ تياراً كهربائياً ممواصلاً شدته $A = 10$ في سلكٍ طوبلٍ مستقيمٍ موضوعاً أفقياً في مستوى الروال المغناطيسي للأرضي المار من مركز إبرة مغناطيسية صغيرة يمكّنها أن تدورَ حول محورٍ شاقوليٍّ موضوعة تحت السلك على بعد 50 cm من محوره.

١) شدة الحقل المغناطيسيي عند مركز الإبرة المغناطيسية الناتج

٢) قيمة زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية باعتبار أن قيمة المركبة \vec{B} الأفقية للحقول المغناطيسى الأرضى $= 10^{-5} \text{ T}$.

- بُيّنت الدراسات أنَّ قيمة k تتأثر بعواملين:

الأول: الطبيعة الهندسية للدارة: شكل الدارة، وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة.

الثاني: عامل التفاذية المغناطيسية μ_0 : وقيمة في الخلياء في جملة الوحدات الدولية:

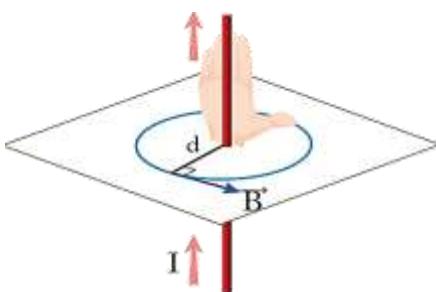
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m \cdot A^{-1}$$

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

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

B شدة المُحَقْلِ المغناطيسية I - شدة التيار (T) (A)

الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل:



عناصرُ شعاعِ المُحَقَّل المغناطيسِي في نقطة n تبعد مسافة d

عن محور السلك: **العامل**: عمودي على المستوى المعين بالسلك والنقطة المعتبرة.

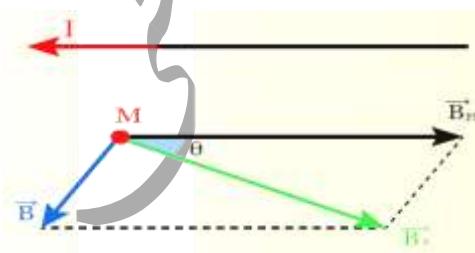
الجهة: تحدد علية بوساطة إبرة مغناطيسية صغيرة نضعها في النقطة المعتبرة، وتكون جهة شعاع المقل \vec{B} من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي للإبرة بعد أن تستقر.

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 إمداد التيار تسقُر الإبرة وفق منحى المركبة الأفقية للحقل

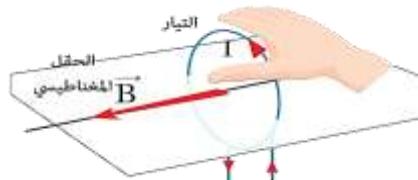
المغناطيسي الأرضي \vec{B}_H .بعد مرور التيار يتولد حقل مغناطيسي \vec{B} ، يؤلف مع \vec{B}_H حقلًا محسلاً \vec{B}_T تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية θ وتسقط وفق منحاه.

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

لأن θ صغيرة وبالتالي:

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

الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في ملف دائري:



عناصر شعاع الحقل المغناطيسي لتيار دائري:

العامل العمود على مستوى الملف الدائري.

الجهة: عملياً من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي

لإبرة مغناطيسية نضعها عند مركز الملف الدائري بعد استقرارها.

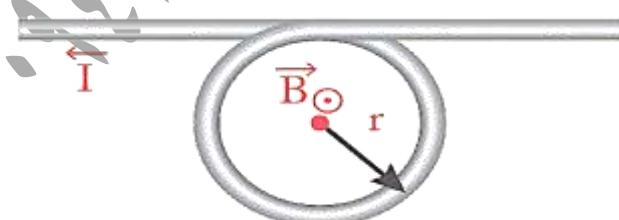
$$B = 4\pi \times 10^{-7} K'I$$

$$\text{لكن } k' = \frac{N}{2r} \text{ بالتالي:}$$

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

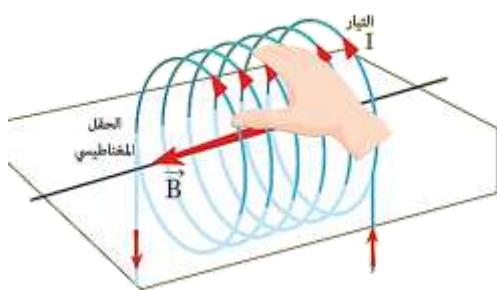
تطبيق (2):

نمرر تياراً كهربائياً شدة $6A$ في سلكٍ مستقيم طوله معزول، ثم نلف جزءاً منه على شكل حلقة دائريّة كما في الشكل بلفة واحدة نصف قطرها $3cm$ احسب شدة الحقل المغناطيسي الحصول في مركز الحلقة، ثم حدد بقية عناصره.



الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل يمر في ملف حلواني (وشيعة):

عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المولد عن تيار حلواني:



الحامٌ: حمّور الوشيعة.

الجهة عملياً: من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لابرة مغناطيسية نضعها عند مركز الوشيعة بعد استقرارها.

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

الشدة: وُجد تجريبياً أن شدة الحقل المغناطيسي = تيار حلواني داخل الوشيعة تناسب طرداً مع:

(1) شدة التيار الكهربائي المتواصل المار فيها I .

(2) النسبة $\frac{N}{l} = n_1$ أي عدد اللفات في واحدة الأطوال

وتعطى الشدة بالعلاقة:

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

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

1) الحقل المغناطيسي المولد 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 المولد عن التيار المار في السلك المستقيم:

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

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

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

$$B_T = B_1 + B_2$$

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

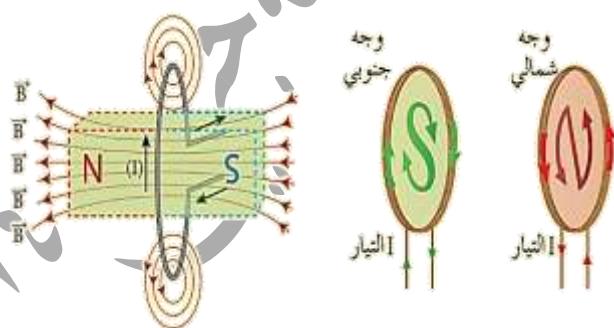
الحامٌ العمود على مستوى الحلقة الدائرية.

الجهة: أمام مستوى الحلقة الدائرية.

لـ $k' = \frac{N}{l}$ وبالتالي:

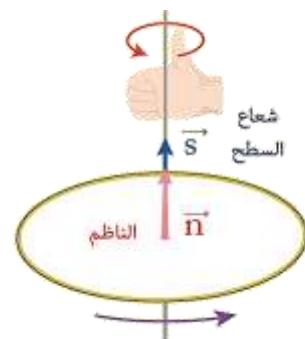
$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{l}$$

نتيجة: إن الملفات والواشائط الكهربائية تكفي مغناطيسياً إذا طلق اسم الوجه **الشمالي** على وجه الملف الذي تكون فيه جهة التيار **عكس جهة دوران عقارب الساعة**, أما الوجه الآخر للملف فهو الوجه **الجنوبي** حيث تكون فيه جهة التيار **بنفس جهة دوران عقارب الساعة**



التدفق المغناطيسي: يعبر عن عدد خطوط الحقل المغناطيسي التي تجتاز سطح دارة كهربائية مسوية مغلقة.

شعاع السطح \vec{s} :



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

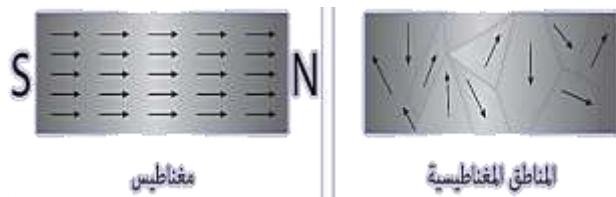
الذي يتجه من وجهها **الجنوبي**، وينخر من وجهها

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

تعليق المغناطيسية:

المناطيسييّ الخارجيّ بحسب تكوّن مُحصلة هذه
الخصائص المناطيسيّة معدومة.

- لَكَ إِذَا وُجِدَتْ قَطْعَةُ الْحَدِيدِ فِي مَجَالِ مَغَناطِيسِيٍّ
خَارِجِيٍّ تَوَجَّهُ ثَنَائِيَّاتُ الْأَقْطَابِ الْمَغَناطِيسِيَّةِ دَاخِلَ الْقَطْعَةِ
بِاتِّجَاهِ الْمَجَالِ الْمَغَناطِيسِيِّ الْخَارِجِيِّ أَيْ تَكُونُ
أَقْطَابُهَا الشَّمَالِيَّةُ الْمَغَناطِيسِيَّةُ بِاتِّجَاهِ الْمَجَالِ الْمَغَناطِيسِيِّ
الْخَارِجِيِّ، وَتَصْبِحُ مُحْصَلَتُهَا غَيْرَ مَعْدُومَةٍ لِذَلِكَ تَصْبِحُ قَطْعَةُ
الْحَدِيدِ مَغْنَطَةً.



اختبار نفسي

أولاً: اختِر الإجابة الصحيحة لـكُلّ ممّا يأتي:

(١) نَرْتَيَا رَكْبَرَا مُواصِلًا فِي مَلَفِ دَائِرِي، فَيَوْلُدُ عَنْدَ مَرْكَبِهِ حَقْلٌ مُغَنَّاطِيسِي شَدَّتْهُ B ، نَضَاعِفُ عَدَدَ لَفَاتَةٍ، وَنَجْعَلُ نَصْفَ قَطْرِ الْمَلَفِ الْوَسْطَيِّ نَصْفَ مَا كَانَ عَلَيْهِ فَتَصْبِحُ شَدَّةُ الْمَحْقَلِ الْمُغَنَّاطِيسِي عَنْدَ مَرْكَبَهُ.

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

الإجابة الصحيحة: (C)

توضيح اختيار الإجابة:

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

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

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

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

الإجابة الصحيحة: (d)

توضيح اختيار الإجابة:

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d} \Rightarrow B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{\frac{I}{4}}{2d}$$

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

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

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

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 المagnet المغناطيسي في مركز وشيعة يناسب طرداً 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، فيولد حقل مغناطيسي شدته B في نقطة تبعد d عن محور السلك،

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلاً مما يلي:

(1) تقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس.

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

(2) لا يمكن لخطوط الحقل المغناطيسي أن تقطع.

الجواب: إن خطوط الحقل المغناطيسي مماسة في كل نقطة من نقاطها شعاع الحقل المغناطيسي في تلك النقطة وإن تقاطع خطين يعني أن B ليس كل من المقطعين وهذا غير صحيح. أو لأن شعاع الحقل المغناطيسي سيصبح له في نفس النقطة أكثر من حامل واحد وهذا غير ممكن.

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

الجواب: لأن الأجسام المشحونة الساكة 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 شدّتهما.

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

(2) خطوط الحقل المغناطيسي لا ترى بالعين المجردة.

صح.

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

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

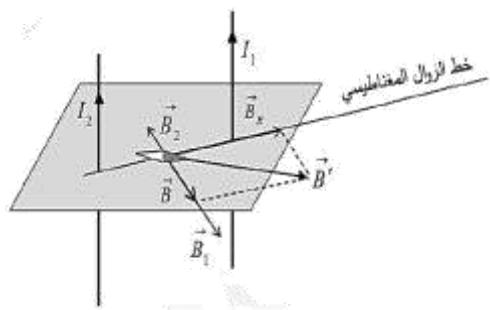
(4) تنقص شدة الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة لفائفها متلاصقة عدد طبقاتها طبقة واحدة إلى نصف شدتها في حالة إيقاف طول الوشيعة إلى النصف معبقاء شدة التيار ثابتة.

(خطأ) والصح: النسبة $\frac{N}{l}$ هي نسبة ثابتة، بقسم الوشيعة تنقص طول سلكها إلى النصف، فتنقص عدد اللفات إلى النصف وتبقي شدة الحقل المغناطيسي ثابتة.

رابعاً: أجب عما يأتي:

أضع إبرة مغناطيسية محورها شاقولي على طاولة أفقية تستقر أينما كيف يحب وضع سلك مستقيم أفقيا فوق الوصلة بحيث لا تحرف الإبرة عند إمداد تيار كهربائي في السلك؟

الحل: لا تحرف الإبرة عند مرور تيار كهربائي في السلك إذا كان الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار منطبق على استقامة الإبرة وبنفس جهة B أي يجب وضع السلك المستقيم عموديا على المستوى الداخلي على الإبرة.



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

$$\text{شدة محصلتهما: } B = B_1 - B_2$$

شدة الحقل المحصل في النقطة C:

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

(2) قبل إمار التيارين تسقير الإبرة المغناطيسية وفق منحى

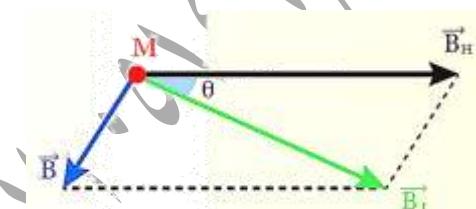
المركبة الأفقيّة للحقل المغناطيسبي الأرضي \vec{B}_H بعد إمار

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

علمًا أن:

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

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 تتعذر محصلة الحقلين يجب أن يكون B_1, B_2 متساوياً وبالشدة ومتراكسان بالجهة.

المسألة الأولى: نضع في مستوى الرزوال المغناطيسبي

الأرضي سلكين طولين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (C_1, C_2) عن بعضهما البعض مسافة

$$d = 40 \text{ cm}$$

ونضعإبرة بوصلة صغيرة في النقطة C منتصف

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

$$I_1 = 3A$$

وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته

$$I_2 = 1A$$

(1) حساب شدة الحقل المغناطيسبي المتولد عن التيارين

في النقطة C موضحاً ذلك بالرسم.

(2) حساب الزاوية التي تتحرف فيها إبرة الوصلة عن منحاتها

الأصلية بفرض أن قيمة المركبة الأفقيّة للحقل المغناطيسبي

$$B_H = 2 \times 10^{-5} T$$

(3) حدد النقطة الواقعية بين السلكين التي تتعذر فيها شدة

محصلة الحقلين.

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

واقعة خارج السلكين؟ ووضح أجابتكم.

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) قطعُ التيار السابق عن الملف، احسب التغير الحاصل في قيمة التدفق المغناطيسي الذي يحيط بالملف ذاته.
c) احسب طول سلك الملف الدائري.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

المشارة الثالثة: نضع سلكين شاقوليين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما M_1, M_2 ، أحدهما عن الآخر 4 cm

نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته I_1 ، نمرر في السلك

الأول تياراً كهربائياً شدته I_2 ، وباتجاهين متعاكسيين

فتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل لحقلين

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

M_2, M_1 ، وعندما يكون التياران بجهة واحدة تكون

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

كان: $I_2 > I_1$ ، احسب كلامن: 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 تُعد شدة محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج

السلكين في النقاط التي تقع على استقامة c_1, c_2 للحقلين المغناطيسيين الناجحين عن التيارين ذو

الجهة نفسها لكن يمكن أن لا تُعد محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج السلكين في النقاط التي تقع

على استقامة c_1, c_2 للحقلين المغناطيسيين

الناجحين عن التيارين مختلفين بالجهة ومن طرف السلك الذي يحيط به تيار أقل.

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

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

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

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

المشارة الثانية: a) ملف دائري في مكبر صوت عدد

لقاته 400 لفة ونصف قطره 2 cm نطبق بين طرفيه فرقاً

في الكون 10 V فإذا علمت أن مقاومته 20 Ω

احسب شدة الحقل المغناطيسي المولد عند مركز الملف.

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

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

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 مركز ذاته في مستوى شاقولي واحد، عدد لفات كلّ منها 200 لفة ونصف قطر الأول 10 cm ونصف قطر الثاني 4 cm، نمر في الملف الأول تياراً كهربائياً شدته 8 A، بعكس جهة دوران عقارب الساعة والمطلوب: حدد جهة التيار الواجب إمارة في الملف الثاني وشدته؛ تكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل عند المركز المشترك للملفين:

$$5 \times 10^{-2} T \quad (1)$$

$$3 \times 10^{-2} T \quad (2)$$

معدومة. (3)

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N_1}{r_1} I_1 \quad \underline{\text{الحل:}}$$

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

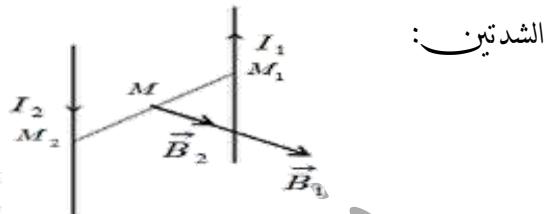
وجهة \vec{B}_1 أمام مستوى الرسم.

(1) حتى تكون محصلة الملفين \vec{B} أمام مستوى الرسم

يجب أن يكون \vec{B}_1, \vec{B}_2 بجهة واحدة أمام مستوى 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



$$B = B_1 + B_2$$

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

لكن: $d_1 = d_2$ وبالتالي:

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

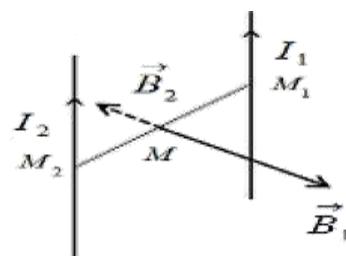
$$4 \times 10^{-7} = \frac{2 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-2}} (I_1 + I_2)$$

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

عندما يكون التياران بجهة واحدة يكون

مجهتين متعاكستان لهما محصلة شدتها حاصل طرح

الشدين:



$$B = B_1 - B_2$$

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

لكن: $d_1 = d_2$ وبالتالي:

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

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

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

$$I_2 = \pi A$$

جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

المسألة الخامسة: ملف دائري نصف قطره الوسطي 5 cm

يولد عند مرکز حلقاً مغناطيسيّاً، قيمته تساوي قيمة الحقل المغناطيسي الذي تولده وشيعة عند مرکزها عندما يمر بهما التيار نفسه، فإذا علمت أن عدد لفات الوشيعة 100 لفة وطولها 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 مرن مهمل الكثلة حلقاته متباينة، يعلق من إحدى طرفيه ويترك ليتدلى شاقولياً، نمر فيه تياراً كهربائياً شدته كبيرة نسبياً. أنتقرب حلقات النابض، أم تبعاد 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 مستوى

الرسم يجب أن يكون \vec{B}_2, \vec{B}_1 بجهتين متعاكستان و \vec{B}_2 خلف مستوى الرسم.

$$B = B_2 - B_1$$

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow I_2 = 12.5 A$$

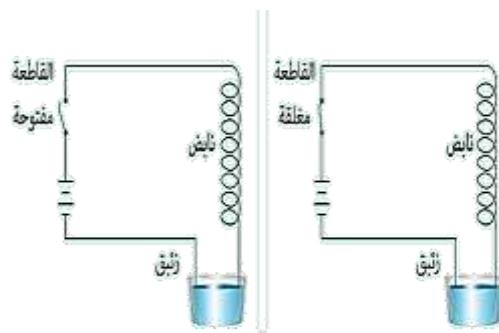
جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

(3) حتى تُعدم محصلة الحقلين يجب أن يكون

B_1, B_2 متساويان بالشدة ومتعاكسان بالجهة.

$$B_1 = B_2$$

الجواب:



تقرب حلقات النابض وذلك لأن جهة التيار الكهربائي في كل حلقة هي ذاتها فنور التيار يحول كل حلقة إلى مغناطيس ويصبح كل وجهين م مقابلين لحلقتين متلاقيتين قطبي مغناطيس معاكسيين في النوع مما يسبب تجاذبهما إلى بعضهما البعض.

انتهى البحث

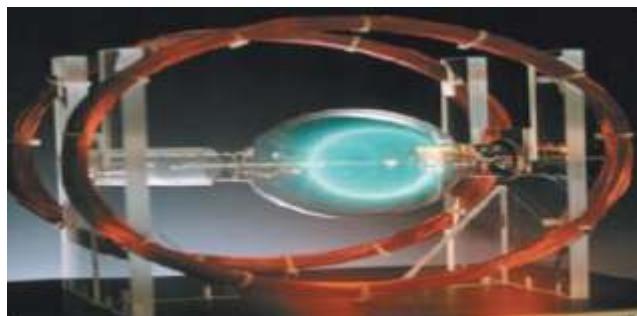
ندعوك للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

(3) الجهة: تحدد بقاعدة اليد اليمنى وفق الآتي: نجعل الساعد يوازي شعاع سرعة الشحنة المترددة والأصابع بعكس جهة شعاع السرعة للشحنتين السالبة وبوجه شعاع السرعة للشحنتين الموجة ويخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإبهام إلى جهة القوة المغناطيسية.

$$F = qvB \sin \theta \quad (4)$$

دراسة حركة جسم مشحون (إلكترون) في حقل مغناطيسي منتظم (تجربة ملقي هلمهولتز):



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

فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

القوة المغناطيسية: (قوة لورنر المغناطيسية)

- يؤثر الحقل المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المترددة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل بقوّة مغناطيسية، حيث تغير هذه القوّة من مسار حركة هذه الجسيمات.
- تغيير جهة اخراج مسار الجسيمات المشحونة بغير جهة الحقل المغناطيسي المؤثر.

العامل المؤثر في شدة القوة المغناطيسية:

أثبتت التجارب أن شدة القوة المغناطيسية تناسب طرداً مع:

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

$$F = qvB \sin \theta \quad \text{وبالتالي:}$$

وتكون العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية:

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

عناصر شعاع القوة المغناطيسية:

- 1) نقطة التأثير: الشحنة المترددة.
- 2) الحامل: عمودي على المستوى المحدد بشعاع السرعة وشعاع الحقل المغناطيسي.

- تغير جهة القوة الكهرومغناطيسية بغير جهة التيار، أو بتغير جهة شعاع الحقل المغناطيسي المؤثر.
 - تزداد شدة القوة الكهرومغناطيسية بناءً على كلٍ 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 θ الزاوية المخصوصة بين الناقل المستقيم، وشعاع الحقل المغناطيسي المؤثر.
- استنتاج عبارة القوة الكهرومغناطيسية:

بفرض لدينا سلك طوله L ، ومساحة مقطعه S ، والكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة فيه n فيكون عدد الإلكترونات الحرة الكلية $N = nSL$ وبعد تطبيق فرق كون بين طرفي السلك فإن الإلكترونات الحرة تتحرك بسرعة ثابتة v (فينشأ تيار) وتأثر على السلك بحقل مغناطيسي فتحصل هذه الإلكترونات على تأثير القوة المغناطيسية بينما يخضع السلك لتأثير قوة كهرومغناطيسية تساوي مُحصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الشحنات المتحرّكة (الإلكترونات) داخل السلك أي تساوي جداء عدد الإلكترونات في القوة المغناطيسية أي:

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

$$q = Ne \quad v = \frac{L}{\Delta t} \quad \text{لـ:}$$

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

$$I = \frac{q}{\Delta t} \quad \text{ولـ:} \quad F = ILB \sin \theta$$

وهي العلاقة المُعبرة عن شدة القوة الكهرومغناطيسية.

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي
استنتاج علاقة نصف قطر المسار الدائري لأحد الإلكترونات المتحرّكة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي المنتظم حيث $\vec{B} \perp \vec{v}_0$:

يخضع الإلكترون لتأثير القوة المغناطيسية فقط بإهمال قوة تقليله:

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

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

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

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

وبحسب خواص المجادل الشعاعي فإذا:

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 كثافة الإلكترون، و v سرعة الإلكترون، e القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون، B شدة شعاع الحقل المغناطيسي.

ويكون دور حركة الإلكترون:

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

نعرض قيمة T فنجد أن:

القوة الكهرومغناطيسية (قوة لابلاس الكهرومغناطيسية):



- يؤثّر الحقل المغناطيسي في السلك الناقل الذي يحتازه تيار كهربائي بقوة ثابتة تسمى القوة الكهرومغناطيسية.

- تعكس جهة دوران الدولاب عندما تعكس جهة التيار أو جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

عناصر القوة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها الدولاب:

(1) نقطة التأثير: متصف نصف قطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنظم.

(2) الحامل: عمودي على المستوى المحدد بنصف قطر الشاقولي السفلي وشعاع الحقل المغناطيسي المنظم.

(3) الجهة: تحقق الأشعة ($\vec{Tr}, \vec{B}, \vec{F}$) ثلاثة مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى. نجعل اليد اليمنى مبنطة على نصف قطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنظم ويدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع ويخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإيماء إلى جهة القوة الكهرومغناطيسية.

(4) الشدة: تعطى العلاقة:

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

عمل القوة الكهرومغناطيسية (نظرية مكسمول):

تجربة السكتين الكهرومغناطيسية:



تنقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة Δx ، قمسح سطحاً

$$\Delta S = L \Delta x$$

حيث تنقل نقطة تأثير القوة الكهرومغناطيسية على حاملها وبجهازها مسافة Δx .

حيث θ الزاوية المحسورة بين \vec{B} و $\vec{I}L$ ويسمى الشعاع I بشعاع التيار الذي حامله السلك وجهه بجهة التيار.

وتكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرومغناطيسية بالشكل:

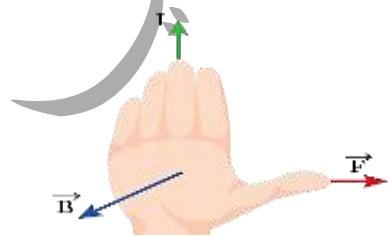
$$\vec{F} = I \vec{L} \wedge \vec{B}$$

عناصر شعاع القوة الكهرومغناطيسية:

(1) نقطة التأثير: متصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنظم.

(2) الحامل: عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي المنظم.

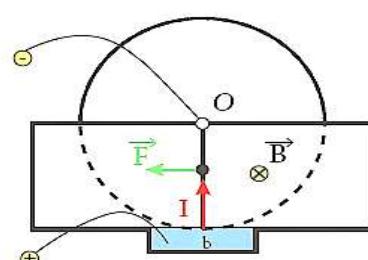
(3) الجهة: تتحقق الأشعة ($\vec{IL}, \vec{B}, \vec{F}$) ثلاثة مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى.



نجعل اليد مبنطة على الناقل بحيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع ويخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف فيشير الإيماء إلى جهة القوة الكهرومغناطيسية.

(4) الشدة: تعطى العلاقة:

تجربة دولاب بارلو:



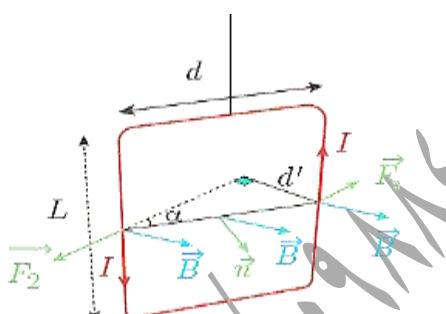
• عند إغلاق دارة الدولاب فإنه يدور رباعياً بتأثير عزم القوة الكهرومغناطيسية.

الصلعين الشاقولين، وتعمل على تدوير الإطار حول محور دورانه من وضعه الأصلي حيث التدفق المغناطيسي معدوم إلى وضع توازنه المستقر حيث يكون التدفق المغناطيسي الذي يحتازه أعظمياً.

قاعدة التدفق الأعظمي:

إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة كهربائية مغلقة حركة الحركة تحرّك بحيث يزيد التدفق المغناطيسي الذي يحتازها من وجها الجنوبي وتسقط في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً.

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



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

d' : طول ذراع المذروحة الكهرومغناطيسية.

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

إن شدة القوة الكهرومغناطيسية من أجل N لفة معزولة ومتضمنة:

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

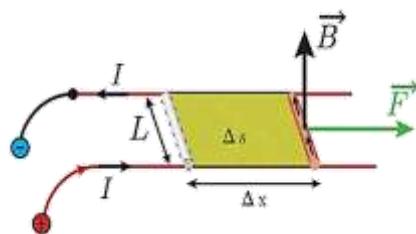
نوضح فنجد:

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

لكن $S = Ld$: مساحة سطح الإطار.

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

وهي عبارة عن المذروحة الكهرومغناطيسية.

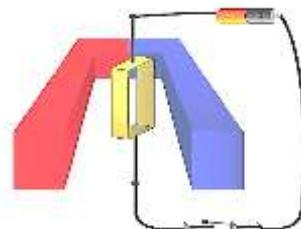


$W = F\Delta x$
 $W = ILB\Delta x$
 $W = IB\Delta S$

لكل $\Delta\Phi = B\Delta S > 0$ يمثل **زيادة التدفق المغناطيسي** نوضح فنجد: $W = I\Delta\Phi > 0$ **والعمل موجب محرك**.
نص نظرية مكسوبل:

عندما تنتقل دارة كهربائية أو جزء منها دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي فإن عمل القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة لذلك الاتصال يساوي **جداً شدة التيار المار في الدارة** في **زيادة التدفق المغناطيسي** الذي يحتازها.

تأثير الحقل المغناطيسي على إطار مستطيل يمر فيه تيار كهربائي:



عند إمداد التيار الكهربائي في الإطار المعلق بسلك عديم القفل 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 المنظم في الإطار **مذروحة كهرومغناطيسية** تنشأ عن القوتين الكهرومغناطيسيتين المؤثرين في

مبدأ عمله: عندما يُمرر تيار كهربائي في الإطار فإنه يدور بزاوية صغيرة θ فيشير مؤشر المقياس إلى قراءة مُعينة عندما يتوازن الإطار الأعلى قيمة شدة التيار المار.

استنتاج العلاقة بين زاوية دوران الإطار θ والتيار المار فيه I :

عند إمداد التيار الكهربائي المراد قياس شدته I في إطار المقياس فإن الحقل المغناطيسي المنظم يؤثر في الإطار بمزدوجة كهرومغناطيسية تسبب دوران الإطار حول محور دورانه فينشأ في سلك الفتل مُزدوجة قوى تُمنع استمرار الدوران ويتوزن الإطار بعد أن يدور بزاوية صغيرة θ وعندها يتحقق شرط التوازن الدوراني:

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

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

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

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

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

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

لـ θ' زاوية صغيرة وبالتالي:

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

$$\theta' = GI$$

حيث $G = \frac{NSB}{k}$ ثابت المقياس الغلفاني: يعبر عن حساسية المقياس الغلفاني ويقاس بـ rad.A^{-1} وتردد حساسية المقياس الغلفاني كلما زادت قيمة G ويتم ذلك عملياً باستبدال سلك الفتل بسلك أرفع منه من المادة نفسها (لتغيير ثابت الفتل k). جهاز المقياس متعدد الأغراض (آفومتر):

يُستخدم هذا الجهاز لاستخدامات عدّة مثل قياس:

التوصيل DC التوتر المتناوب AC شدة التيار المستمر والمتناوب المقاومات.

ملاحظة: يسمى الجداء NIS بالعزم المغناطيسي M .

$$\vec{M} = NIS$$

وبالتالي علاقة عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية شعاعياً بالشكل:

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

\vec{M} شعاع العزم المغناطيسي ناظمي على مستوى

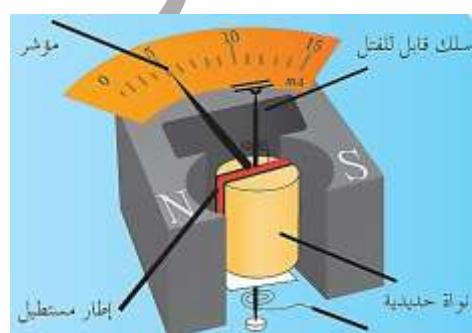
الإطار، وجهازه بجهة إيماء يُعني تلف أصحابها بجهة التيار.

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

المقياس الغلفاني ذو الإطار المتحرك:

هو جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية صغيرة الشدة وقياسها.

ممّ يتكون المقياس الغلفاني؟



يتالف من ملف على شكل إطار مستطيل يحتوي على معاولة متماثلة يتصل أحد طرفيه بسلك قابل للتفتّل أمّا الطرف الآخر من الملف فيتصل بسلك آخر شاقولي لين عدم التفتّل ويكون الإطار أآن يدور حول محور الشاقولي المار بمرتكه بين قطبي مغناطيس نصفي محاطاً بنواة أسطوانية من الحديد اللين، بحيث يكون مستوى الإطار يوازي الخطوط الأفقية للحقل المغناطيسي للمغناطيس قبل إمداد التيار.

(بإهمال ثقل الإلكترون) فإن حركة الإلكترون داخل

الحقل هي:

- (b) دائيرية منتظمة.
- (a) مُعَيّنة بانتظام.
- (d) تبقى شدته ثابتة.
- (c) مستقيمة منتظمة.

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 v :

- (b) يتغير حامله وشدته.
- (a) يتغير حامله وشدته.
- (d) تبقى شدته ثابتة.
- (c) تتغير شدته فقط.

الإجابة الصحيحة: (d)

توضيح اختيار الإجابة: لأن الحركة دائيرية منتظمة.

(5) عندما تدرج الساق في تجربة السكين الكهرومغناطيسية

تحت تأثير القوة الكهرومغناطيسية، فإن التدفق المغناطيسي:

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

الإجابة الصحيحة: (b)

توضيح اختيار الإجابة:

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

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

(1) ادرس التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين

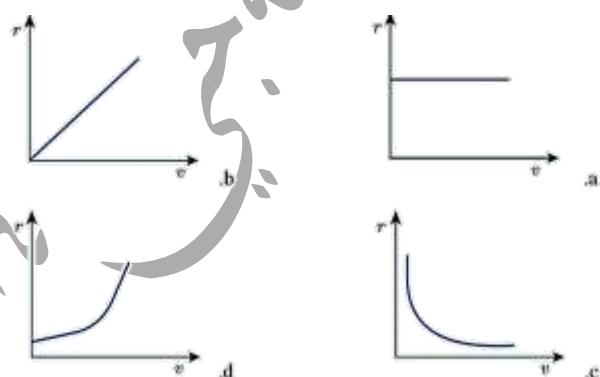
شاقوليين طوليين يربما يشاران متوصلان لهما الجهة نفسها واستنتج عبارة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في أحد

السلكين نتيجة وجود السلك الآخر.

اخبر نفسك:

أولاً: اختبر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

(1) جسيمات مشحونة لها الكتلة نفسها والشحنة نفسها دخلت في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة v عماد 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: $r = \frac{mv}{qB} \Rightarrow r = \text{const. } v$

وبالتالي الخط البياني الممثل لنصف القطر بدلالة سرعة

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

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

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

الإجابة الصحيحة: (a)

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

(3) عندما يدخل الإلكترون في منطقة يسودها حقل

مغناطيسي منتظم بسرعة v تعمد خطوط الحقل المغناطيسي

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

(3) **بَيْنَ كِيفَيْتِ قِيَاسِ شَدَّةِ التَّيَارِ فِي الْمَقِيسِ الْغَلَفَانِيِّ**
ثُمَّ اسْتَنْبِعِ الْعَلَاقَةَ بَيْنَ شَدَّةِ التَّيَارِ I وَ زَوْاِيَّةِ دَوْرَانِ الإِطَّارِ (θ) وَ كِيفَ تَمُّ زِيَادَةُ حَسَاسِيَّةِ الْمَقِيسِ الْغَلَفَانِيِّ عَمَلِيًّا مِنْ أَجْلِ التَّيَارِ نَفْسِهِ.

الحل: عند إمداد التيار الكهربائي المراد قياس شدته في إطار المقاييس فإنّ الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثّر فيه بمزدوجة كهربائية تنشأ عن القوتين الكهرومغناطيسيتين المؤثّرتين في الضعفين الشاقوليين. تعمل هذه المزدوجة على تدوير الإطار حول محور الدوران فينشأ في سلك الفتل مزدوجة قلة تمنع استمرار الدوران ويستقر الإطار بعد أن يدور زاوية θ' تتناسب طرداً مع شدة التيار الكهربائي.

$$\sum \bar{\Gamma}_{\Delta_{\text{كهربائية}}} + \sum \bar{\Gamma}_{\Delta_{\text{فتل}}} = 0$$

• **عزم المزدوجة الكهربائية:**

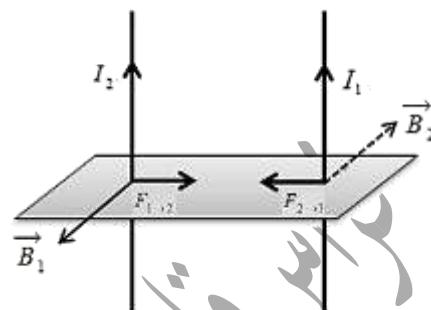
$$\begin{aligned} F &= NISB \sin \alpha \\ \alpha + \theta' &= \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \cos \theta' \\ \theta' &\text{ صغيرة} \Rightarrow \cos \theta' = 1 \end{aligned}$$

$$\Gamma = NISB$$

• **عزم مزدوجة الفتل:**

نفرض في شرط التوازن الدواراني:
 $NISB - k\theta' = 0$

الحل: التأثير المتبادل بين سلكين مخاسين شاقوليين طويلين غيرهما تيار متواصلاً لهما الجهة نفسها:



يولد التيار المستقيم I_1 في كل نقطة من الجزء L_1 من السلك المستقيم الثاني حقولاً مغناطيسياً شدته:

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

يؤثّر هذا الحقل في الجزء L_2 بقوة كهربائية شدتها:

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

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

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

وبدراسة جملة مماثلة نجد:

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

(2) استنبّع عبارَةً شَدَّةَ الْحَقْلِ الْمَغَناطِيسِيِّ الْمُؤَثِّرِ فِي شَحْنَةِ كهربائيةٍ تَحْرُكُ فِي حَقْلٍ مَغَناطِيسِيٍّ مُنْظَمٌ بِسَرْعَةٍ تَعَامِدُ شَعَاعَ الْحَقْلِ الْمَغَناطِيسِيِّ ثُمَّ عَرَفِ التَّسْلَا.

الحل: جملة المقارنة: خارجية _ الجملة المدرسة: الشحنة الكهربائية المتحركة.

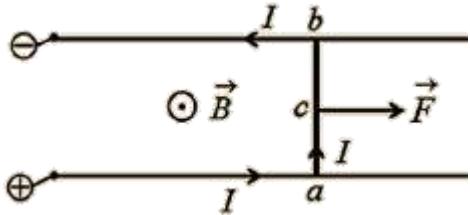
القوى الخارجية المؤثرة: \vec{F} قوة لورنزي (بإهمال قلة الشحنة).

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q \vec{v} \wedge \vec{B} \\ F &= qvB \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow B = \frac{F}{qv} \end{aligned}$$

إعداد المدرس: فراس قلعه جي

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

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



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

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

(3) جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدرosa: الساق الموازنة

القوى الخارجية المؤثرة: \vec{W} نقل الساق.

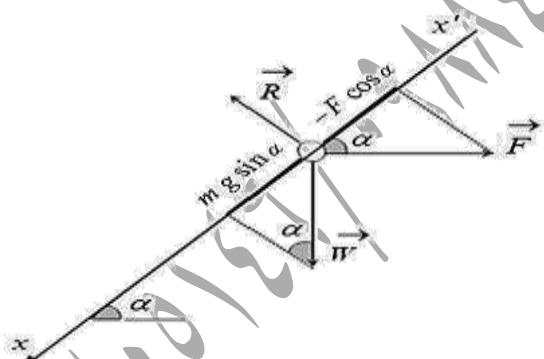
القوة الكهرطيسية: \vec{F}

رد فعل السكين: \vec{R}

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

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

الذي يوازي السكين:



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

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

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

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

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

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

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

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

$$\theta' = GI$$

$G = \frac{NSB}{k}$ ثابت المقياس الفلفاني لزيادة حساسية المقياس

عملياً نستخدم سلك تعليق رفيع جداً من الفضة.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المشألة الأولى: في تجربة السكين الكهرطيسية، تستند ساق نحاسية كتلتها 16 g، إلى سكين أفقين حيث

يؤثر على 4 cm من الجزء المتوسط منها حقل مغناطيسي مُنظم شاقولي شدته T 0.1 ويربعها تيار شدته A 40 والمطلوب:

(1) حدد بالكتاب والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية، ثم احسب شدتها.

(2) احسب قيمة العمل الذي تنجذب القوة الكهرطيسية عندما تنتقل الساق مسافة 15 cm.

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

الحل: (1) عناصر القوة الكهرطيسية:

قطة التأثير: منتصف الجزء من الناقل المستقيم ab الخاضع للحقل المغناطيسي المنظم.

العامل: 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 قشیرجهة الإبهام لجهة القوة الكهرطيسية.

الشدة: تعطى بالعلاقة:

إعداد المدرس: فراس قلعة جي

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

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

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

المشأة الثالثة: إطار مستطيل الشكل يحتوي 100 لفة من

سلكٍ نحاسيٍ معزولٍ مساحته $4\pi \text{ cm}^2$.

(a) نعلق الإطار سلكًّا عديم الفتل شاقوليًّا، ونخضعه لحقٍّ مغناطيسيٍّ منتظمًّا أفقيًّا شدته $B = 4 \times 10^{-2} T$ خطوطه توازي مستوى الإطار الشاقوليًّا، نمرر في الإطار تيارًا شدته $A = \frac{1}{10\pi}$ والمطلوب:

- (1) عن المذوقة الكهرومغناطيسية التي يخضع لها الإطار لحظة إمرار التيار.
- (2) عمل المذوقة الكهرومغناطيسية عندما يدور الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.

(b) قطع التيار ونستبدل سلك التعليق بسلكٍ شاقوليٍّ ثابت قلته K بحيث يكون مستوى الإطار يوازي خطوط الحقل المغناطيسييِّ السابق، ونمرر تيارًا شدته $2mA$ في دور الإطار بزاوية 30° ثم يوازن والمطلوب:

- (1) احسب التدفق المغناطيسييِّ في الإطار عندما يوازن.
- (2) استنبع العلاقة المحددة لثبات قل سلك التعليق انتلاقاً من شرط التوازن الدوراني، ثم احسب قيمته.
(يهمل تأثير الحقل المغناطيسييِّ الأرضي).

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

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

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

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

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

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

المشأة الثانية: نعلق سلكًا نحاسيًا ثميناً طوله 60 cm وكلته

من طرفه العلوي شاقولياً ونمسك طرفه

السفليًّا في حوض يحتوي الرائق ثم نمرر تياراً كهربائياً متوافقاً شدته 10 A حيث يؤثر حقلٌ مغناطيسيٌّ منتظمٌ أفقىً شدته $B = 3 \times 10^{-2} T$ على قطعة منه طولها 4cm، يبعد متصفها عن نقطة التعليق 50 cm استنبع

العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول بدلاً لأحد نسبها المثلثية ثم احسبها.

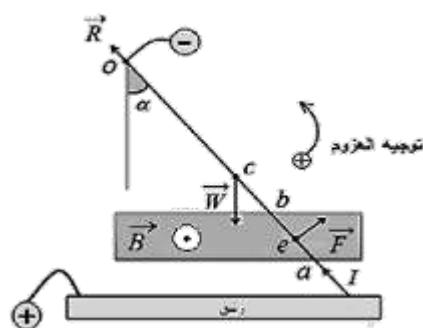
الحل: جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدرosa: الساق المتوازنة.

القوى الخارجية المؤثرة: \vec{W} نقل الساق.

\vec{F} الكهرومغناطيسية.

\vec{R} رد فعل السكتين.



شرط التوازن الدوراني: $\sum \bar{\Gamma}_\Delta = 0$

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

$$\Delta \cdot \bar{\Gamma}_{\vec{R} \rightarrow \Delta} = 0 \quad (\text{يلاقى حامل } \vec{R} \text{ يلاقي } \Delta)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sum_{\substack{\Delta \\ \text{كهربائية}}} \bar{\Gamma}_\Delta + \sum_{\substack{\Delta \\ \text{قط}} \Delta} \bar{\Gamma}_\Delta = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

المسألة الرابعة: دوّلاب بارلوقطه 20cm، يمرّ فيه كهربائي

مُواصل I ، ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي

أفقى منظم شدّته $B = 10^{-2} T$ ، فيثُر الدّولاب بقوة

كهربائية شدّتها $F = 0.04 N$ والمطلوب:

(1) بين بالرسم جهة كلٍ من $(\vec{F}, \vec{B}, I\vec{L})$.

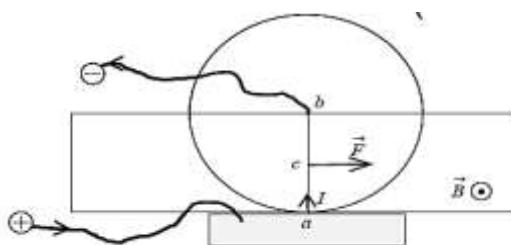
(2) احسب شدة التيار المار في الدّولاب.

(3) احسب عزم القوة الكهربائية المؤثرة في الدّولاب.

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

الأفقى للدوّلاب لمنعه عن الدوران.

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.

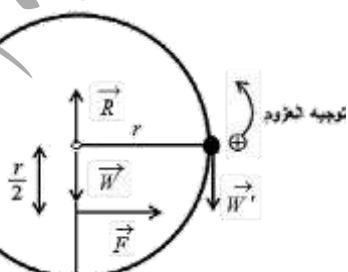
الجملة المدرosa: الدّولاب المتوازن.

القوى الخارجية المؤثرة: \vec{W} ثقل القرص.

الكهربائية.

\vec{R} رد فعل محور الدوران.

\vec{W}' ثقل الكتلة المضافة.



شرط التوازن الدوراني: $\sum \bar{\Gamma}_\Delta = 0$

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

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

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

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

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

التفكير الناقد:

جسم مشحون يتحرك في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم يعامد حقلًا كهربائياً منتظمًا بسرعة تعادل 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 المخل الكهربائي فإنه يتأثر بقوة كهربائية $\vec{F}' = q\vec{E}$ إز-

كلاً من \vec{F} و \vec{F}' على حامل واحد وهنا نميز

حالتين: 1- \vec{F} و \vec{F}' بجهة واحدة ومحصلتهما قوة جاذبة مركبة

فسوف يكون المسار دائرياً.

2- \vec{F} و \vec{F}' بجهتين متعاكستان ومتوازيان بالشدة

سوف تendum محصلة القوى فيصبح المسار مستقيماً.

----- انتهى البحث -----

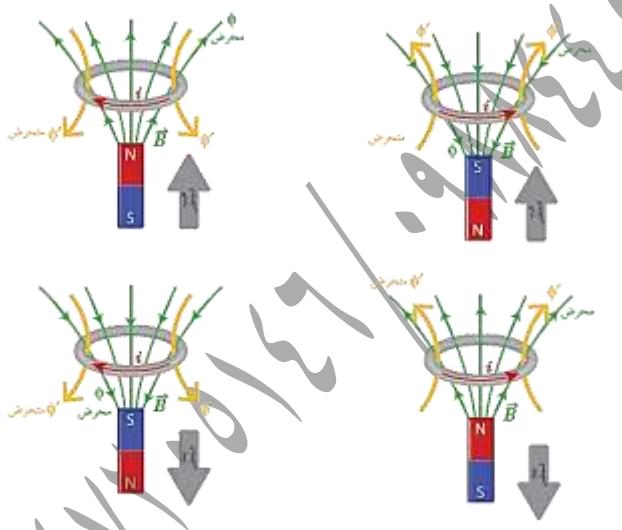
ندعوك للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناتنا على التيلغرام: فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

داراً الوشيعة الأولى ونراقب المصباح الكهربائي ومقاييس الميلي أمير في الدارة الثانية فيتولد تيار كهربائي في الدارة الثانية على الرغم من عدم وجود مولد فيها، وهو ناتج عن التحرير الكهرومغناطيسي ويدعى **بالتيار المترافق**. المترافق ويعلل ذلك أن الوشيعة الأولى تولد حفلاً مغناطيسياً مترافقاً جيبياً فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يحيط الوشيعة الثانية، وتتولد قوة بحث كهربائية مترافقية تسبب مرور التيار الكهربائي المترافق.

نص قانون فارادي: يتولد تيار كهربائي مترافق في دارة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يحيطها ويدوم هذا التيار بدوام تغير التدفق ليعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي الحرف.

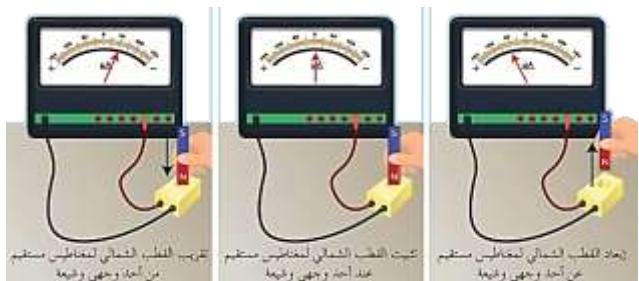
قانون لenz:



إن تقرب القطب الشمالي من أحد وجهي الوشيعة يتولد فيها تياراً كهربائياً مترافقاً فيولد بدوره حفلاً مغناطيسياً مترافقاً، جهة بعكس جهة المعلم الناجم عن المغناطيس المحرض الذي قرئناه من وجه الوشيعة، وكذلك الأمر بالنسبة إلى تقرب القطب الجنوبي.

التجربة الكهرومغناطيسي

قانون فارادي: تجربة (1):

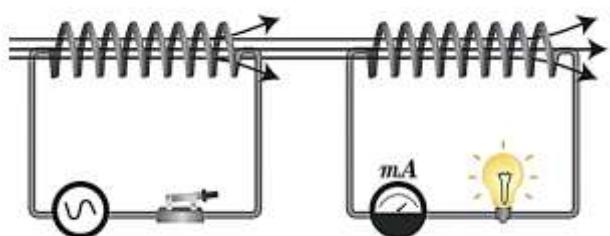


عند اقتراب أو ابعاد القطب الشمالي لمحاذيس مستقيم وجه الوشيعة يزداد (عند الاقتراب) أو يتناقص (عند الابعاد) التدفق المغناطيسي في الوشيعة (دائرة مغلقة) فتنشأ قوة محركة كهربائية مترافقية تعمل على توليد تيار مترافق.

يسمى التيار المتولد عن تغير التدفق المغناطيسي عبر الدارة **بالتيار المترافق** ويسمى المغناطيس المتحرك بالمحضر وتسمى حادثة توليد التيار المترافق بواسطة المغناطيس المحرض **بتجربة التحرير الكهرومغناطيسي**.

وعند **توقف** المغناطيس المحرض عن الحركة يصبح التدفق المغناطيسي عبر الدارة ثابتاً **فيعدم** التيار المترافق.

تجربة (2):



نصل طرفي الوشيعة الأولى بأحد مولدي تيار كهربائي مترافقاً جيبياً ثم نضع الوشيعة الثانية ليكون محورها مُنطبقاً على محور الوشيعة الأولى وأصل طرفيها بوساطة أسلاك التوصيل إلى المصباح الكهربائي ومقاييس الميلي أمير نغلق

تناسب القوة المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة:

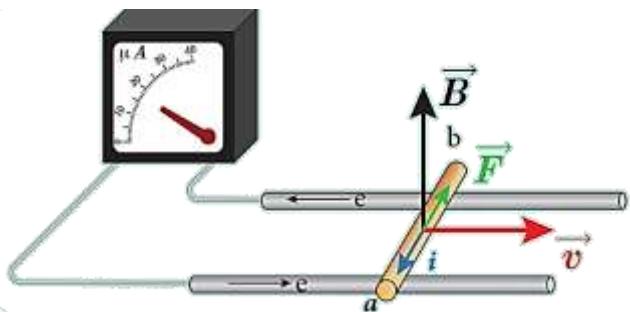
(1) طرداً مع تغيير التدفق المغناطيسي المُحرّض $d\Phi$.

(2) عكساً مع زمن تغيير التدفق المغناطيسي المُحرّض dt .

$$\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

حيث تنسجم الإشارة السالبة مع قانون لenz.

التحليل الإلكتروني لنشوء التيار المُتحرّض والقوة المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة:



ندرج الساق الناقلة على السكين فينحرف مؤشر مقياس الميكروأمير دليل مرور تيار كهربائي مُحرّض نعلم ذلك بأنه: عند تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط الحقل

المغناطيسي فإن الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه السرعة وسطياً ومع خضوعها لتاثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنها تخضع للتاثير القوة المغناطيسية

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

وبتأثير هذه القوة تحرك الإلكترونات الحرة في الساق وتولّد قوة مُحرّكة كهربائية تحريرية تسبب مرور تيار كهربائي مُحرّض عبر الدارة المغلقة جهة الاصطلاحية عكس جهة حركة الإلكترونات الحرة أي عكس جهة القوة المغناطيسية.

2) إن إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس المُحرّض عن

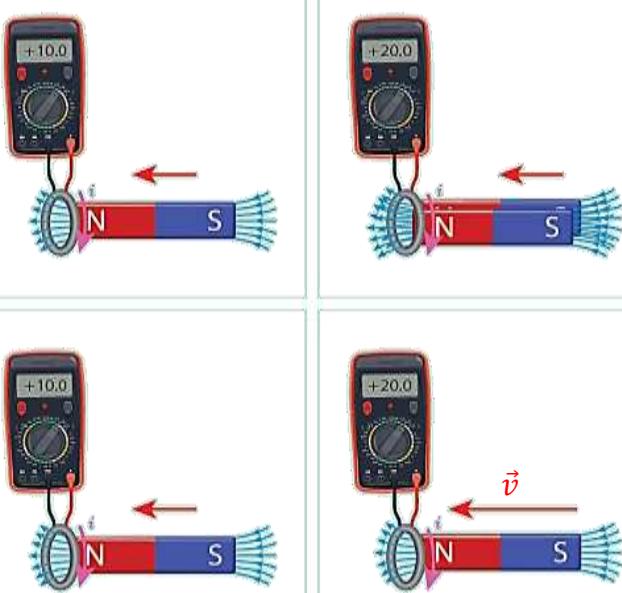
أحد وجهي الوسعي يؤدي إلى تولد تيار مُتحرّض في الوسعي يولد بدوره حقلًا مغناطيسيًا متراجعاً تبعًا له مع جهة الحقل الناجم عن المغناطيس المُحرّض، وكذلك الأمر بالنسبة إلى إبعاد القطب الجنوبي.

3) تسعى الوسعي لإيقاف التدفق المغناطيسي الذي يجتازها في حال تزايد التدفق المغناطيسي المُحرّض الناجم عن تفريغ المغناطيس.

4) تسعى الوسعي لزيادة التدفق المغناطيسي الذي يجتازها في حالة إيقاف التدفق المغناطيسي المُحرّض الناجم عن إبعاد المغناطيس.

نص قانون لenz: إن جهة التيار المُحرّض في دارة مغلقة تكون بحسب نتائج أفعال تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.

القوة المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة:



هي فرق الكهون بين طرف الدارة والناتج عن تغير التدفق المغناطيسي خلال تغير الزمن.

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

فتكون الـ**استطاعة الكهربائية الناتجة**:

$$P = \varepsilon i$$

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

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

ولكن عند تحرير الساق بسرعة لَا تنشأ قوة كهرومغناطيسية، جهتها
بعكس جهة حركة الساق المسببة لنشوء التيار المترافق، ولا استمرار
تولد التيار يجب التغلب على هذه القوة الكهرومغناطيسية بصرف
استطاعة ميكانيكية *p*.

$$P' = Fv$$

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

والتيار المتحرّض: $i = \frac{BLv}{R}$

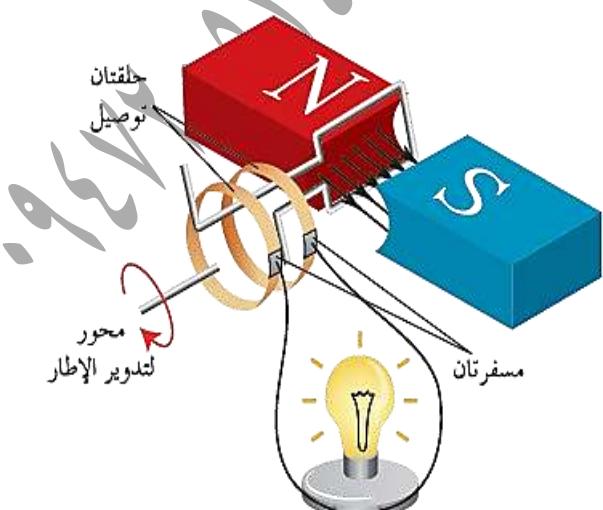
$$P' = Fv = iLBv = \frac{BLv}{R} LBv$$

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

وَمُوازِنَةُ الْعَلَاقَتَيْنِ بِنَجْدَأْنِ: $P' = P$

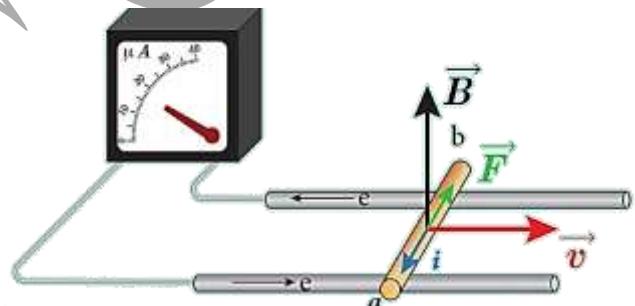
وبهذا تكون قد تحولت الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

٢. مولد التيار المتناوب الجيبي:



عند تحريكِ الساق بسرعةٍ تُعلَى سكينَ معزولتينَ
 في منطقةٍ يسودها حقلٌ مغناطيسيٌّ تنشأُ القوةُ المغناطيسية
 وبتأثيرِ هذهِ القوة تنقلُ الإلكتروناتُ الحرّة من أحد طرفيِ
 الساق الذي يكتسبُ شحنةً موجّةً، وتتراكمُ في الطرف الآخرِ
 الذي يكتسبُ شحنةً سالبةً فينشأ بينَ طرفيِ الساقِ
 في الكونِ ميلٌ القوةُ المحرّكةُ الكهربائيةُ المتحرّضةُ.
 تطبيقاتُ التحرّيض الكهربائيِّ:

١. مبدأ المولد:



لدرس نظرياً تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية:

عند تحرير السوق بسرعة ثابتة لا عمودية على شعاع الحقل

المغناطيسية المنظم \vec{B} خلال فاصل زمني Δt تنقل الساق

مسافة: $\Delta x = v \Delta t$ فيتغير السطح بالمقدار:

فيفيَّر التدفق المغناطيسي بالمقدار:

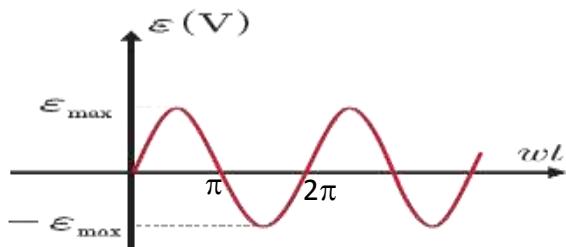
$$\Delta\Phi = B\overline{\Delta S} = BLv\Delta t$$

فتولد قوة محرّكة كافية مُتحرّضة قيمتها المطلقة:

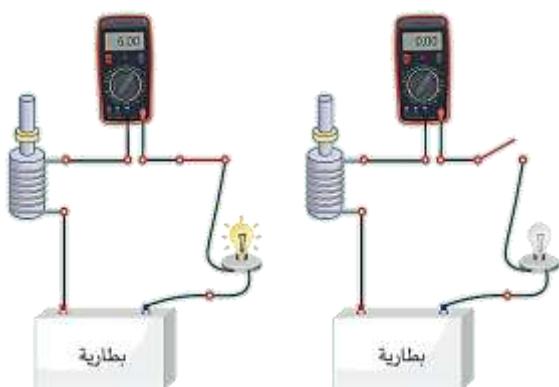
$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \frac{BLv \Delta t}{\Delta t} = BLv$$

وَمَا أَنَّ الدَّارَةَ مُغْلَقَةً إِلَّا يَارُ كَهْرَبَائِيِّ مُحْرَضٌ شَدَّتْهُ:

عند رسم تغيرات بدلالة ωt نحصل على المنحني التالي الآتي:



3. مبدأ المُحرّك



- عند إغلاق القاطعه ومنع المُحرّك من الدوران يتوهج المصباح ويدل المقياس على مرور تيار كهربائي له شدة معينة.
- عند السماح للمُحرّك بالدوران تبدأ سرعته بالإزدياد فيقل توهج المصباح وتقصى دالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي شدته أصغر.
- تولد في المُحرّك قوة مُحرّكة كهربائية تحريرية عكسية مضادة لقوى المُحرّكة الكهربائية المطبقة بينقطبي المولد، وتزيد بازدياد سرعة دوران المُحرّك.
- يوجد في المُحرّك وشيعة، يرف فيها تيار كهربائي تدور بتأثير حقل مغناطيسي وبسبب هذا الدوران يتغير التدفق المغناطيسي من خلال الوشيعة مما يسبب تولد قوى مُحرّكة تحريرية عكسية تتوقف على سرعة دوران المُحرّك.

وصفة: يتكون من إطار مؤلف من N لفة متماثلة مساحة كل منها S أسلاله ناقله ومعزولة وملفوقة بالاتجاه ذاته يدور حول محور في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم \vec{B} ويتصل طرقا الملف بـ جلكتين R_1, R_2 ، بحيث يمر محور الدوران بـ مركز هاتين الجلكتين، وتدور الجلقتان بـ دوران الملف وي sis كل حلقة مسافة معدنية (ناقلا) (k_1, k_2) ، وتصل هاتان المسفتان الملف بالدارة الخارجية كما في الشكل السابق، استنتاج العلاقة المحددة للقوة المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة: بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوى الإطار يصنع مع شعاع الحقل المغناطيسي زاوية \vec{B} قدرها α ، فيكون التدفق المغناطيسي Φ الذي يحيط به سطح الإطار:

فإذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار ثابتة، فإن الزاوية

التي يدورها الملف في زمن قدره t : $\alpha = \theta' = \omega t$

نوضح فنجد:

وتكون القوى المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة :

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

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

تكون عظمى عندما:

نوضح: $\epsilon_{max} = NSB\omega$ فنجد أن:

$$\bar{\epsilon} = \epsilon_{max} \sin \omega t$$

وبذلك نحصل على التيار المتناوب الجيبى لأن:

القوى المُحرّكة الكهربائية المُتحرّضة متداوحة جيبيّة لحظية.

• عند فتح القاطعه يوهج المصباح بشدة قبل أن ينطفئ، مما يدل على حصول المصباح على الطاقة من مصدر آخر غير المولد؛ لأن دارته مفتوحة ولا يوجد في الدارة إلا الشيشة، ويحدث هذا نتيجة التحرير الذاتي في الشيشة، حيث أن فتح القاطعه يؤدي إلى تناقص شدة التيار المار في الشيشة، فتناقص تدفق الحقل المغناطيسي المولد في الشيشة خلال الشيشة ذاتها، الأمر الذي يولد قوه كهربائية محركه متاخره في الشيشة أكبر من القوه المحركه الكهربائية للمولد، لأن زمن تناقص الشدة متاخر عن الصغر حيث تكون قيمة $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن لحظة فتح القاطعه.

• عند إغلاق القاطعه من جديد يوهج المصباح ثم يعود إلى ضوءه الخافت، حيث تزداد شدة التيار وبالتالي يتزايد تدفق الحقل المغناطيسي المولد عن الشيشة عبر الشيشة ذاتها، فيتولد فيها قوه محركه كهربائيه متاخره تمنع مرور التيار المولد فيها، ويرجع التيار المولد في الشيشة حتى بيان الشدة تفعد القوه المحركه الكهربائية المتاخره في الشيشة. بسبب تناقص قيمة $\frac{di}{dt}$ للتيار المتاخر وزاد مرور التيار المولد تدريجياً في الشيشة حتى بيان الشدة تفعد القوه المحركه الكهربائية المتاخره في الشيشة.

إن الشيشة قامت بدور محرض ومتحرض في آن واحد، لذلك ندعو الدارة بالدورة المتحرر ذاتية وندعو الحادثة تحريراً ذاتياً.

ذاتية الشيشة: تُعطى شدة الحقل المغناطيسي المولد عن مرور تيار في الشيشة بالعلاقة:

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

لدرس نظرياً تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في المحرك:

عند مرور التيار الكهربائي في الساق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنظم B ، فإنها تتأثر بقوه كهرومغناطيسية شدتها:

$$F = ILB$$

تعمل القوه الكهرومغناطيسية على تحريك الساق بسرعة ثابتة v ، وتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة:

$$P' = Fv$$

لكن عند انتقال الساق مسافة Δx ، فإن التدفق المغناطيسي يتغير بالمقدار: $\Delta\Phi = BLv\Delta t$

فتولد في الساق قوه محركه كهربائية متاخره عكسيه تعاكس مرور تيار المولد فيها تعطي قيمتها المطلقة بالعلاقة:

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

ولاستمرار مرور تيار المولد يجب تقديم استطاعة كهربائية:

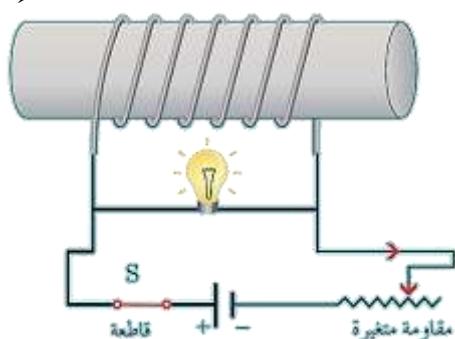
$$P = \epsilon'I$$

$$P = BLvI$$

بالموازنة نجد:

وبهذا الشكل تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.
التحرير الذاتي:

لدينا دارة موضحة بالشكل تتألف من شيشة ومصباح وأبيال كهربائية ومقاومة متغيرة مع زلقه (معدله) وقطاعه وأسلاك توصل بغلق القاطعه، ونحرك الزلقه حتى تصبح إضاءه المصباح خافتة.



بحث التحرير الكهربائي

إعداد المدرس: فراس قلعة جي

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

نضرب طرف العلاقة بـ 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 الكهربائية المخزنة في الشبكة خلال الزمن dt .

وتحتاج الشبكة طاقة كهربائية E_L في لحظة t عندما تزداد شدة التيار المارة في الدارة من الصفر إلى قيمتها النهاية I .

$$E_L = \int_0^I Lidi$$

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

وهي العلاقة المحددة للطاقة الكهربائية المخزنة في الشبكة ويمكن أن تكتب بالشكل:

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

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

تطبيق: وشيعة طولها 20 cm وطول سلكها 40 m بطبقة واحدة مقاومتها الأومية ممكناً والمطلوب:

(1) احسب ذاتية الشبكة.

(2) إذا كان نصف قطر اللفة الواحدة 4 cm فاحسب عدد لفات الشبكة.

(3) نمر في الشبكة تياراً كهربائياً تردد شدته بانتظام من الصفر إلى 10 A خلال 0.5 S احسب القوة المحرّكة الكهربائية المولدة داخل الشبكة محددةً جهة التيار المترافق.

ويكون تدفق هذا المقل من خلال الشبكة ذاتها:

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

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

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

نلاحظ أن أمثل شدة التيار M يميز الشبكة، يدعى ذاتية الشبكة L

ذاتية الشبكة L واحدة قياسها في الجملة الدولية هي

المري H وهو ذاتية دارة مغلقة يحيط بها تدفق مغناطيسي

قدرها واحد عندما يمر فيها تيار، قدرها أمير واحد.

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

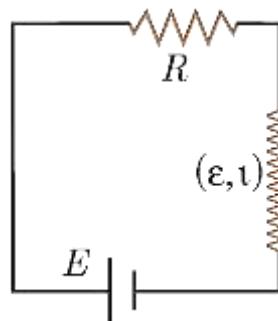
نوضح فنجد:

فتصبح العلاقة القوة المحرّكة الكهربائية المترافق ذاتية بدلالة شدة

التيار المترافق الذي يحيط بها:

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

الطاقة الكهربائية المخزنة في وشيعة:



نربط وشيعة ذاتيتها L على التسلسل مع مقاومة أومية R ومولد قوته المحرّكة الكهربائية E ، كما في الدارة الموضحة بالشكل:

بحسب قانون كيرشوف الثاني:

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

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

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

بحث التحرير الكهرومغناطيسي

إعداد المدرس: فراس قلعه جي

2) في تجربة السكين التجريبية حيث الدارة مغلقة تكون القيمة المطلقة لشدة التيار المترافق:

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

$$BLv \quad (a)$$

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

$$0 \quad (c)$$

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

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

الحدث: تزداد شدة التيار المترافق.

التعليق: لأن شدة التيار المترافق تناسب طرداً مع سرعة التدحرج

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

2) تفريغ القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهيه وشحنة يتصل طرفاها بعضهما البعض.

الحدث: يتولد تيار متترافق في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شماليّاً.

التعليق: تفريغ القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المترافق الذي يحتار حلقات الوشيعة فحسب قانون لenz تكون جهة التيار المترافق بحيث تنتهي أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه لهذا فالوجه الشمالي يتناقض مع القطب الشمالي ليمنع عملية التفريغ.

3) تفريغ القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهيه حلقة خاسية دارتها مفتوحة.

الحدث: يتولد قوة محركة كهربائية متترافقه متساوية لفرق الكثافة بين طرفي الحلقة.

4) احسب الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة.

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

لكن عدد اللفات يعطى بالعلاقة:

$$S = \pi r^2 \quad \text{و سطح الوشيعة يعطى بالعلاقة:}$$

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

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

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

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

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

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

بالتالي \vec{B} مترافق، \vec{B}' مترافق على حامل واحد وبجهتين معاكستين.

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

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

اختبار نفسي:

أولاً: اختبر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

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

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

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

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

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

الإجابة الصحيحة: (a)

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

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

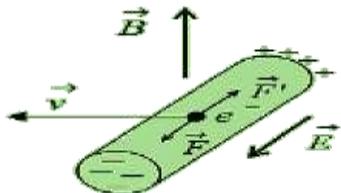
$$L = 10^{-7} \frac{(10^2)}{10 \times 10^{-2}} = 10^{-4} H$$

بحث التحرير الكهرومغناطيسي

إعداد المدرس: فراس قلعة جي

السالبة في طرف آخر، ويستمر التراكم إلى أن يصل إلى قيمة حدية يتوقف عندها. فسر ذلك.

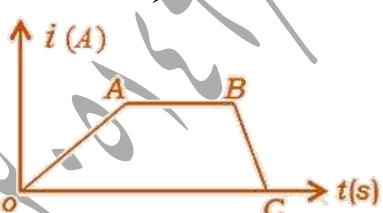
الحل:



إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرف الساق يولد حقل كهربائيا \vec{E} يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة يؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترون الحر بقوة كهربائية \vec{F} جهتها تعكس جهة القوة المغناطيسية \vec{F} (قوة لورنزي) المؤثرة في هذا

الإلكترون ثم تزداد شدة الحقل الكهربائي بازدياد تراكم الشحنات الكهربائية مما يزيد من شدة هذه القوة الكهربائية لتصبح متساوية لشدة القوة المغناطيسية (قوة لورنزي) فتتوقف حركة الإلكترون.

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



(a) ماذا تمثل كل من المراحل: (BC, AB, OA).

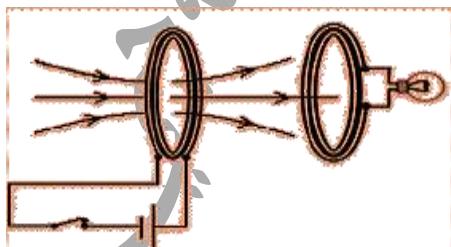
(b) أيهما أكبر القوة المحركة الكهربائية المترسبة عند إغلاق أو فتح الدارة.

(c) في أي المراحل تزداد الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تتناقص الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة.

التحليل: تتأثر الإلكترونات الحرة بقوة لورنزي المغناطيسية فتنقل وتتراكم شحنات سالبة عند طرف الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر للحلقة فينشأ فرق في الكهون بين طرفي الحلقة.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1) ملخص مُقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي والثاني إلى مصباح هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكين؟ في حال التقى ماذا فعل ليضيئ المصباح؟ ولماذا؟



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

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

- بفتح وغلق القاطعية باستمرار في دارة الملف الأول فتتغير شدة

الحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول وبالتالي

يتغير التدفق المغناطيسي لهذا الحقل من خلال الملف

الثاني فيولد تيار كهربائي متضرر يسبب إضاءة المصباح.

- تحريك أحد الملفين نحو الآخر.

- استبدال البيل الكهربائي بمنبع تيار كهربائي متزاوب.

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

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

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

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

$$\Phi = LI$$

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

تعدّم قيمة هذه القوة الحركة الكهربائية المتحرّضة الآتية عند ثبات قيمة التيار.

(5) في الشكل المجاور ملف دائري يُخْرُك بسرعة ثابتة عمودية على السلك المستقيم المطلوب:

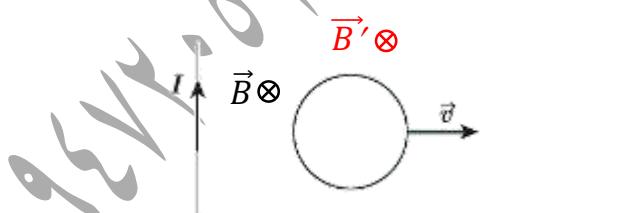


(a) حدّد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المؤود عن مرور التيار الكهربائي في السلك المستقيم عند مركز الملف الدائري.

(b) حدّد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرّض المؤود في الملف، ووجهة التيار الكهربائي المتحرّض.

(c) صِف ما يحدث إذا أوقفنا الملف عن الحركة، مُعَللاً إجابتك؟

الحل: (a + b) جهة التيار المتحرّض بنفس جهة دوران عقارب الساعة



(c) إذا أوقفنا الملف الدائري عن الحركة ثبت شدة الحقل المغناطيسي المحرّض وبالتالي يصبح تغير التدفق المغناطيسي المحرّض معدوم فتنعدم القوة الحركة الكهربائية المتحرّضة وتعدّم شدة التيار المتحرّض.

الحل: (a) المرحلة OA تزايد شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح نسبياً ثم يعود لإضاءته الخافتة. المرحلة AB ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فتشتت شدة إضاءة المصباح.

المرحلة BC تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح بشدة ثم يتطفىء.

(b) عند فتح الدارة تكون القوة الحركة الكهربائية المتحرّضة أكبر من القوة الحركة الكهربائية المتحرّضة عند غلق القاطعة لأنّ القيمة المطلقة للقوة الحركة الكهربائية المتحرّضة $L \frac{di}{dt} = -\bar{\epsilon}$ تناسب عكساً مع dt و زمن تناقص شدة التيار في المرحلة BC أصغر من زمن تزايد التيار في المرحلة OA لذا تكون القوة الحركة الكهربائية المتحرّضة أكبر عند فتح الدارة.

(c) تزداد الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة في المرحلة 0A وتكون الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة ثابتة في المرحلة AB وتتناقص الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في ذاتية الوشيعة في المرحلة وتحول إلى طاقة كهربائية.

(4) وشيعة غير فيها تيار كهربائي يغيّر شدّته \vec{B} :

(a) أكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤود داخلها نتيجة مرور التيار.

(b) أكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.

(c) استنتج العلاقة المحددة لقيمة الجبرية للقوة الحركة الكهربائية المتحرّضة الآتية الذاتية المتحرّضة فيها موضحاً متى تعدّم قيمة هذه القوة.

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

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

المسألة الأولى: ملخ دائرى، يتاف من 100 لفة متماثلة، نصف قطره الوسطى 4 cm، يصل طرفه بمقاييس أمير موصل على التسلسل مع مقاومة أومية قيمتها 20Ω، تقرب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمعناطيس مستقيم وفق محوره، فترداد شدة الحقل المغناطيسى الذى يختلف لفات الملف الدائري باتظام من الصفر إلى 0.08T خلال 2S والمطلوب:

1) احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المترسبة المولدة في الملف الدائري محدداً جهة التيار الكهربائي المترسبة.

2) ما نوع الوجه المقابل للقطب الشمالي؟

3) احسب شدة التيار المارة في الملف.

4) احسب الاستطاعة الكهربائية المولدة عن الملف الدائري ثم الاستطاعة الحرارية المتصروفة في المقاومة الأومية وماذا تستخرج.

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

$$\begin{aligned} \bar{\epsilon} &= -\frac{N(\Delta B)S \cos \alpha}{\Delta t} \\ \epsilon &= -\frac{100 \times (0.08 - 0) \times 16\pi \times 10^{-4} \times 1}{2} \\ \epsilon &= -2 \times 10^{-2} V \end{aligned}$$

بما أن $\bar{\epsilon} < 0$ وحسب لنز \vec{B} محرض، \vec{B}' مترஸ بجهتين معاكستين أي Φ' محرض يعكس Φ مترஸ.

2) الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي يدور فيه التيار المترஸ بعكس دوران عقارب الساعة.

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

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

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

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

أى أن الاستطاعة الكهربائية تحول إلى استطاعة حرارية.

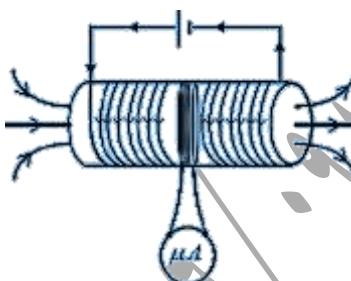
المسألة الثانية: 1) لدينا وشيعة، طولها 30cm، قطرها 4 cm،

تحوي 1200 لفة، تزرع فيها تياراً شدته 4A احسب شدة الحقل المغناطيسى في مركز الوشيعة.

2) لف حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً يحوى

100 لفة معزولة، يصل طرفه بقياس غلفاني، بحيث تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة 16Ω على نشوء التيار المترஸ في الملف الدائري وما دلالة المقياس عند قطع التيار عن الوشيعة خلال 5S تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة تتناقص فيها الشدة باتظام؟

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 محرض والملف جملة مترஸ، وعند قطع التيار عن الوشيعة يتناقص التدفق المغناطيسى المحرض الناتج عن الوشيعة الذي يجتاز الملف وهذا يؤدي حسب قانون فارaday إلى نشوء تيار مترஸ في الملف.

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

$$F = ILB \sin \theta$$

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

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

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

$$W = 1.2 \times 0.4 \times 2 = 0.96 \text{ J}$$

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

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

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

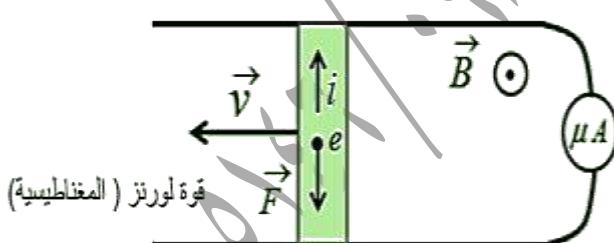
$$W = 0.96 \text{ J}$$

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

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

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

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



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

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

$$F = iLB \sin \theta$$

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

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

بحث التحرير الكهرومغناطيسي

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

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

المسألة الثالثة: في تجربة السكين الكهرومغناطيسية يبلغ طول الساق

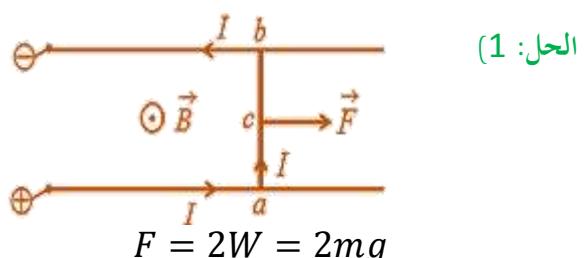
التحاسيبة المستندة عمودياً عليهما 30 cm وكلتاها 60g والمطلوب:

(1) احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في السكين لتكون شدة القوة الكهرومغناطيسية متساوية مثلي شد الساق وذلك عند إمالة تيار كهربائي شدته 20A.

(2) احسب عمل القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في الساق إذا تدرجت بسرعة ثابتة قدرها 0.4 m.s^{-1} لمدة ثانية.

(3) نرفع المولد من الدارة السابقة، ونستبدل به عصا غلفاني، وندرج الساق بسرعة وسطية ثابتة 5 m.s^{-1} ضمن الحقل السابق استناداً لعبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرّكة ثم احسب قيمتها ثم احسب شدة التيار المتحرّض بافتراض أن المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتتساوی 5Ω ثم ارسم شكلًا توضيحيًا بين جهة كل من $(\vec{v}, \vec{B}, \vec{F})$ وجهة التيار المتحرّض.

(4) احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة، ثم احسب شدة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدرجها.



الحل: (1)

$$F = 2W = 2mg$$

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

$$F = 1.2 \text{ N}$$

بحث التحرير الكهرومغناطيسي

إعداد المدرس: فراس قلعه جي

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

فتولد قوة محركة كهربائية متخرضة قيمتها المطلقة:

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

فيتولد تيار كهربائي متخرض:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = BL v \cos \alpha$$

$$\Rightarrow R = \frac{BL v \cos \alpha}{i}$$

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

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

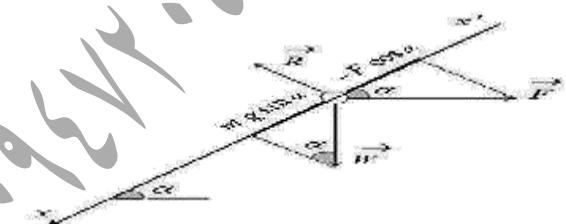
(3) جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة.

القوى الخارجية المؤثرة: \vec{W} ثقل الساق - \vec{F} القوة الكهرومغناطيسية - \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: سكّانٍ نحاسية متوازيان، تميل كلٌ

منهما على الأفق بزاوية 45^0 ، تستندُ إليهما ساقٌ نحاسية طولها

$L = 40 \text{ cm}$ ، تخضع بـ كـاملـها لـ تـأثيرـ حـقلـ مـغـناـطـيسـيـ مـنـظـمـ

شاـقولـيـ شـدـتهـ 0.8 N فـلـقـ الدـارـةـ، ثـمـ تـرـكـ لـتـنـلـوـ دونـ

احتـكـاكـ بـ سـرـعـةـ ثـابـتـةـ، قـيـمـتـهاـ 2 m.s^{-1} والمطلوب:

(1) بين أنَّ تـشـاـقـةـ كـهـرـطـيـسـيـ تـعـيـقـ حـرـكـةـ السـاقـ.

(2) استـنـجـ العـلـاـقـةـ الـمـحـدـدـةـ الـمـقاـوـمـةـ الـكـلـيـةـ لـلـدـارـةـ ثـمـ اـحـسـبـ قـيـمـتـهاـ إـذـاـ

كـانـ شـدـةـ الـتـيـارـ الـمـتـحـرـضـ الـمـوـلـدـ فـيـهاـ $\sqrt{2}A$.

(3) استـنـجـ العـلـاـقـةـ الـمـحـدـدـةـ لـكـلـلـةـ السـاقـ، ثـمـ اـحـسـبـ قـيـمـتـهاـ.

الحل: (1) عند تحريك الساق بـ سـرـعـةـ ثـابـتـةـ، عمـودـيـ عـلـىـ

خطـوطـ الـحـقـلـ الـمـغـناـطـيسـيـ فإنـ كـلـ إـلـكـتروـنـ حـرـفـ

الـسـاقـ سـيـتـحـركـ بـهـذـهـ السـرـعـةـ وـسـطـيـاـ، وـمـعـ خـضـوعـهـ لـ تـأـثـيرـ الـحـقـلـ

الـمـغـناـطـيسـيـ الـنـظـمـيـ فإـنـ يـخـضـعـ لـ تـأـثـيرـ الـقـوـةـ الـمـغـناـطـيسـيـةـ

$\vec{F} = e \vec{v} \wedge \vec{B}$ وبـ تـأـثـيرـ هـذـهـ الـقـوـةـ تـحـرـكـ الـإـلـكـتروـنـاتـ الـحـرـةـ عـبـرـ

الـدـارـةـ فـيـتـولـ تـيـارـ كـهـرـبـائـيـ مـتـحـرـضـ يـتـبـعـ أـفـعـالـ تـعـاـكـسـ السـبـبـ

الـذـيـ أـدـىـ إـلـىـ حـدـوـثـهـ فـتـنـشـأـ قـوـةـ كـهـرـطـيـسـيـةـ مـعـاـكـسـةـ لـهـ

حـرـكـةـ السـاقـ.

(2) عند حـرـكـةـ السـاقـ بـ سـرـعـةـ ثـابـتـةـ \vec{v} خلال الفاصل الزمني Δt

تنـقـلـ مـسـافـةـ $v \Delta t = \Delta x$ فـتـغـيـرـ مـسـاحـةـ السـطـحـ الـذـيـ

تـحـرـقـهـ خـطـوـطـ الـحـقـلـ الـمـغـناـطـيسـيـ بـ مـقـدـارـ

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

فـيـغـيـرـ الـتـدـفـقـ الـمـغـناـطـيسـيـ الـذـيـ يـجـتـازـ الدـارـةـ بـ مـقـدـارـ

بحث التحرير الكهرومغناطيسي

إعداد المدرس: فراس قلعه جي

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

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

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

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

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

التفكير الناقد: تعطى القوة المحرّكة الكهربائية المتحرّضة

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

(1) عندما تزداد شدة التيار المحرّض المارّ في الوشيعة.

(2) عندما تتناقص شدة التيار المحرّض المارّ في الوشيعة.

الجواب: (1) عندما تزداد شدة التيار المحرّض المارّ في الوشيعة

تزداد الحقل المغناطيسي المحرّض المولد من قبل الوشيعة ذاتها فيزيد التدفق المغناطيسي المحرّض وتتصبّح القوة المحرّكة الكهربائية المتحرّضة أصغر من الصفر ويكون $\vec{B}_{\text{محرّض}} \rightarrow$ متحرّض على حامل واحد وبجهتين معاكستين.

(2) عندما تتناقص شدة التيار المحرّض المارّ في الوشيعة

تناقص الحقل المغناطيسي المحرّض المولد من قبل الوشيعة ذاتها فيتناقص التدفق المغناطيسي المحرّض وتتصبّح القوة المحرّكة الكهربائية المتحرّضة أكبر من الصفر ويكون $\vec{B}_{\text{محرّض}} \rightarrow$ محرّض و $\vec{B}_{\text{متحرّض}} \rightarrow$ متحرّض على حامل واحد وبجهة واحدة.

----- انتهى البحث -----

ندعوك للانضمام إلى قناتنا على التليغرام:

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 4cm، مؤلف من

100 لفةً مُتماثلةً من سلكٍ خاصٍ ممزوجٍ، نديم الإطار حول

محور شاقولي مارّ من مركزه وبضلعين أفقين

مُقابلين بحركة دائريّة منتظمة تُقابل $\frac{10}{\pi} \text{ Hz}$ ضمن حقل

مغناطيسيٍّ منتظمٍ أفقٍ شدته $10^2 T \times 5$ خطوطه

ناوبيّة على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة

ومقاومتها $R = 4\Omega$ والمطلوب:

(1) أكتب التّابع الزّمني للقوّة المحرّكة الكهربائية المتحرّضة الآتية

الناشئة في الإطار.

(2) عِينِي اللَّحْظَتَيْنِ الْأَوَّلِ وَالثَّانِيَةِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا

قيمة القوّة المحرّكة الكهربائية المتحرّضة الآتية الناشئة معدومةً.

(3) أكتب التّابع الزّمني للتيار الكهربائي المتحرّض اللّاحظي

المارّ في الإطار. (نهل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

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

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

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

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

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

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

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