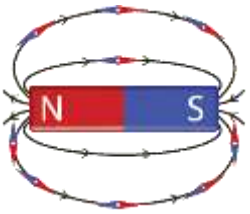
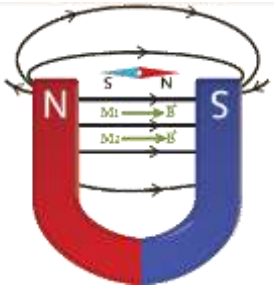
المغناطيسيّة

الحقل المغناطيسي: هو منطقة إذا وُضعَتْ فيها إبرة مغناطيسيّةٌ حرّةُ الحركةِ، فإنّها تخضعُ لأفعال مغناطيسيّة.

- تأخذُ الإبرةُ المغناطيسيّةُ منحى واتّجاهاً معيّنين بتأثيرِ الحقلِ المغناطيسيّ.
- خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ هي خطوطٌ وهميّةٌ مماسة في كلِّ نقطةٍ من نقاطِهِ شعاعَ الحقلِ المغناطيسيّ في تلك النقطة.
- تتّجهُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ خارجَ المغناطيسِ من قطبِهِ الشماليّ إلى قطبِهِ الجنوبيّ، وتُكملُ دورتَها داخلَ المغناطيسِ من القُطبِ الجنوبيّ إلى القطبِ الشماليّ.



- تأخذُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ بينَ قطبي المغناطيسِ النضويّ شكلَ خطوطٍ مستقيمةٍ متوازيةٍ، ولها الجهةُ نفسُها، ثمّ تنحني خارجَ قطبَي المغناطيس.
- يكونُ الحقلُ المغناطيسيّ منتظماً إذا كانت أشعّةُ الحقلِ متوازيةً، ولها الشدّةُ نفسُها، والجهةُ ذاتُها (متسايرة فيما بينها).



كيفَ يمكنُ تحديدُ عناصرِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ $\vec{B}$ في نقطةٍ من الحقل؟

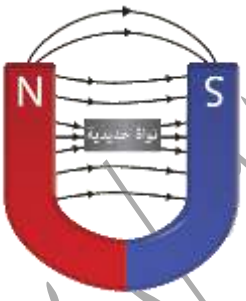
يمكنُ تحديدُ عناصرِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ لمغناطيسٍ بوساطة إبرةٍ مغناطيسيّةٍ موضوعةٍ في النقطةِ المُرادِ تعيينُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ $\vec{B}$ فيها بعدَ استقرارِها:

الحاملُ: المستقيمُ الواصلُ بينَ قطبَي الإبرةِ المغناطيسيّة.

الجهةُ: من القطبِ الجنوبيّ للإبرةِ إلى قطبِها الشماليّ.

الشدّةُ: يستدلّ عليها من خلال سرعةِ اهتزازِ الإبرةِ المغناطيسيّةِ في تلك النقطةِ فبازدياد شدة الحقل المغناطيسي تزداد سرعة اهتزاز الإبرة وتقدّرُ في الجملة الدوليّة بواحدة التسلا T.

الحقلُ المغناطيسيُّ بوجود الحديدِ:



عند وضع نواة حديدية بين قطبي مغناطيس نضوي نلاحظ:

- تتقاربُ برادةُ الحديدِ عند طرفي النواةِ الحديديّة أي تتكاثفُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ ضمنَ النواةِ الحديديّة.
- تتمغنطُ نواةُ الحديدِ، ويتولّدُ منها حقلاً مغناطيسيّاً $\vec{B'}$ إضافيّاً يُضافُ إلى الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ الممغنط $\vec{B}$ فيشكّلُ حقلاً مغناطيسيّاً كليّاً $\vec{B_t}$.

- يُستفادُ من وضعِ النواةِ الحديديّة بينَ قطبَي المغناطيس النضويّ في زيادةِ شدّةِ الحقلِ المغناطيسيّ .

عاملُ النفاذية المغناطيسي μ:

نسمّي النسبةَ بينَ قيمةِ الحقلِ الكلّيّ $\vec{B}_t$ بوجودِ النواة الحديديّة بينَ قطبَي المغناطيس إلى قيمةِ الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ (الممغنط) $\vec{B}$ بعاملِ النفاذية المغناطيسيّ أي: $\mu = \frac{B_t}{B}$

μ : عاملُ النفاذيةِ المغناطيسيّ لا واحدةَ قياسٍ له .

B_t : شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ الكلّيّ يقاس بالتسلا T .

B: شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ الممغنط يقاس بالتسلا T .

- يتعلّقُ عاملُ النفاذيةِ المغناطيسيّ بعاملين، هما:

a- طبيعةُ المادّةِ من حيثُ قابليّتِها للمغنطة.

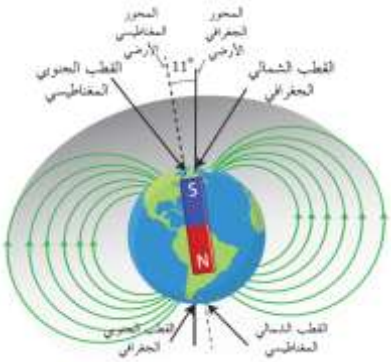
b- شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ الممغنط $\vec{B}$.

الحقل المغناطيسي الأرضي:

- اعتقدَ العلماء بدايةً أنّ موادَّ المغناطيسيّةَ في الأرض مسؤولةٌ عن مغناطيسيّةِ الأرض، لكنّ درجاتِ الحرارةِ العاليةَ جدّاً في جوفِ الأرضِ تجعلُ من الصّعبِ الحفاظُ على مغناطيسيّةٍ دائمةٍ للموادّ الحديديّةِ في باطنِ الأرض.

- ويعزو العلماء مغناطيسيّةَ الأرضِ إلى الشحناتِ المتحرّكةِ في سوائلِ جوفِ الأرض (أيونات موجبة، وإلكترونات سالبة) التي تولّدُ بحركتِها تياراتٍ كهربائيّةً داخلَ الأرضِ ينشأُ عنها حقولٌ مغناطيسيّةٌ .

عناصرُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ الأرضيِّ في نقطة:



- تسلكُ الأرضُ سلوكَ مغناطيسٍ مستقيمٍ كبيرٍ، منتصفُهُ في مركزها .
- يميلُ محورُ الأقطاب المغناطيسية قرابةَ 11^0 عن محورِ دورانِ الأرضِ المنطبقِ على (الشمال – الجنوب) الجغرافيّ .
- قطباها المغناطيسيّان لا يُطابقانِ قطبيها الجغرافيّين أي أنّ القطبَ المغناطيسيّ الجنوبيّ للأرض يقعُ بالقربِ من القطبِ الشماليّ الجغرافيّ، والقطبَ المغناطيسيّ الشماليّ للأرض يقعُ قربَ القطبِ الجنوبيّ الجغرافيّ لأرض .
- تُسمّى الزاويةَ بينَ مُستوي الإبرةِ وخطّ الأفقِ زاويةَ الميل $\hat{i}$.
- عندَ وضعِ إبرةٍ مغناطيسيّةٍ محورُ دورانِها أفقيٌّ عندَ أحدِ القطبين الجغرافيّين فإنّها تستقرُّ بوضعٍ شاقوليٍّ أي تصنعُ مع خطّ الأفقِ زاويةً ميل قياسُها 90° تقريباً .
- وعند نقلِ الإبرةِ إلى خطّ الاستواء فإنّها تنطبقُ على الأفق، أي أنّ قياسَ زاويةِ ميل الإبرةِ مع خط الأفقِ يساوي الصفرَ .

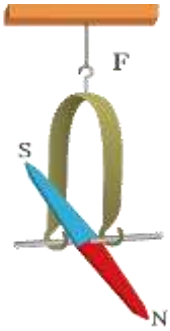
- وعندَ وضعِ إبرةٍ مغناطيسيّةٍ محورُ دورانها شاقولي ٌ بعيدةٌ عن أي ّ تأثيرٍ مغناطيسي ٍ يمكنُها الدوران ُ بحريّةٍ في مستوٍ أفقي ٍ فإنّها تستقرُّ موازيةً لخطٍّ أفقي ٍ يُسمّى خطَّ الزّوالِ المغناطيسي ّ .
- تُسمّى الزاويةُ المحصورةُ بين َ خطِّ مستوِ الزّوالِ المغناطيسي ِّ و خطِّ مستوِ الزّوالِ الجغرافي ِّ للأرض زاوية الانحرافِ المغناطيسي ّ . ويتغيّرُ مقدارُها بين (0° – 180°).

- تتغيّرُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسي ِّ الأرضي ِّ من منطقةٍ لأخرى على سطحِ الأرضِ حسبَ موقعِها الجغرافي ِّ .
- يقعُ شعاعُ الحقلِ المغناطيسي ِّ الأرضي ِّ في مُستوي الزّوالِ المغناطيسي (وهو المُستوي المعرّف بخط الزوال المغناطيسي ومركز الأرض) .
- يُعيّنُ شعاعُ الحقلِ المغناطيسي ِّ الأرضي ِّ بوساطةِ زاويتي المَيل والانحراف لتحديد منحى واتجاه الإبرة المغناطيسية.
- يمكنُ تحليلُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسي ِّ إلى مركبتين :

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

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

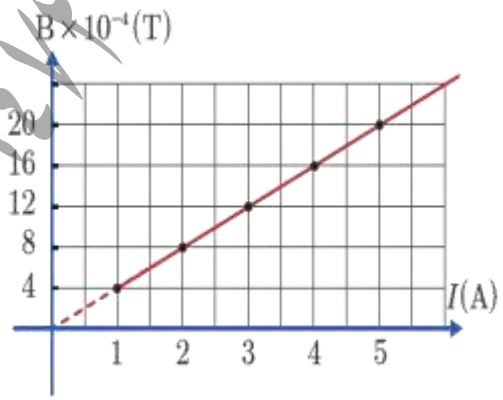
- تأخذُ الإبرةُ المغناطيسيّةُ لبوصلةٍ محور دورانها شاقولي ٌ منحى المركبةِ الأفقيّةِ للحقلِ المغناطيسي ِّ الأرضي ِّ $\vec{B}_H$، في مُستوي الزّوالِ المغناطيسي ِّ .
- في حين تأخذُ الإبرةُ حرّةُ الحركةِ منحى الحقلِ المغناطيسي ِّ الكلّي ِّ $\vec{B}$.



الحقولُ المغناطيسيّةُ للتياراتِ الكهربائيّة:

- إنّ شدّةَ الحقلِ المغناطيسي ِّ المتولّدِ عن تيار كهربائي ٍ تتناسبُ طرداً وشدّةَ التيارِ المارّ في الدّارة.
- الخطُّ البيانيُّ المُمثّلُ لتغيّراتِ شدّةِ الحقلِ المغناطيسي ِّ بدلالةِ شدّةِ التّيارِ مستقيمٌ يمرُّ من المبدأ، ميلُهُ K يساوي :

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



0947205146
0988440574

- بيّنت الدراسات أنّ قيمة k تتأثر بعاملين:

الأوّل: الطبيعة الهندسيّة للدارة k': شكل الدّارة، وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة.

الثاني: عامل النفاذية المغناطيسيّ μ_0: وقيمته في الخلاء في جملة الوحدات الدوليّة: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m.A^{-1}$

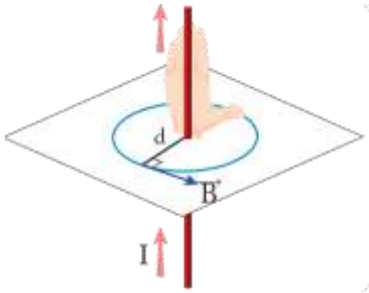
- بناءً على ما سبق يمكن أن نكتب علاقة شدّة الحقل المغناطيسيّ المتولّد عن تيّار كهربائيّ بالشكل:

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

B شدّة الحقل المغناطيسيّ (T) _ I شدّة التيّار (A)

k' ثابتٌ يتعلّق بالطبيعة الهندسيّة للدارة.

الحقل المغناطيسيّ لتيّارٍ مستقيمٍ طويلٍ:



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

الحامل: عموديٌّ على المستوي المعيّن بالسلك والنقطة المعتبرة.

الجهة: تحدّد عمليّاً بوساطة إبرة مغناطيسيّة صغيرة نضعها في النقطة المعتبرة، وتكون جهة شعاع الحقل $\vec{B}$ من القطب الجنوبيّ إلى القطب الشماليّ للإبرة بعد أن تستقرّ.

أمّا نظريّاً فإنّها تُحدَّد بقاعدة اليد اليمنى:

نضع ساعد اليد اليمنى يوازي السلك ويدخل التيّار من الساعد ويخرج من نهايات الأصابع ونوجّه باطن الكفّ نحو النقطة المدروسة فتشير إبهام اليد اليمنى إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسيّ.

الشدّة: إنّ شدّة الحقل المغناطيسيّ لتيّار مستقيم طويل تتناسب طرداً مع شدّة التيّار الكهربائيّ المارّ فيه I، وعكساً مع بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك d، ويُعطى بالعلاقة:

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

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

I شدّة التيّار الكهربائيّ (A) _ B شدّة الحقل المغناطيسيّ (T)

_ d بُعد النقطة المعتبرة عن محور السلك (m).

تطبيق (1): نمرّر تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّته $10\ A$ في سلك طويل مستقيم موضوع أفقيّاً في مستوي الزوال المغناطيسيّ الأرضيّ المارّ من مركز إبرة مغناطيسيّة صغيرة يمكنها أن تدور حول محور شاقوليّ موضوعة تحت السلك على بُعد $50\ cm$ من محوره:

1) شدّة الحقل المغناطيسيّ عند مركز الإبرة المغناطيسيّة الناتج عن مرور التيّار.

2) قيمة زاوية انحراف الإبرة المغناطيسيّة باعتبار أنّ قيمة المركبة الأفقيّة للحقل المغناطيسيّ الأرضيّ $2 \times 10^{-5}\ T$.

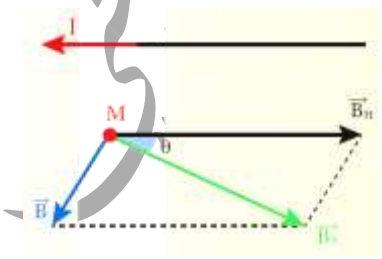
الحل:

1) $B = 2\times10^{-7}\ \frac{I}{d} = 2\times10^{-7}\ \frac{10}{0.5}$

$$B = 4\times10^{-6}\ T$$

2) قبل إمرار التيار تستقرُّ الإبرة وفق منحى المركبة الأفقيّة للحقل المغناطيسيّ الأرضيّ $\vec{B}_H$.

بعد مرور التيار يتولّد حقل مغناطيسيّ $\vec{B}$، يؤلّف مع $\vec{B}_H$ حقلاً محصّلاً $\vec{B}_T$ تدورُ الإبرة المغناطيسية بزاوية θ وتستقر وفق منحاه.

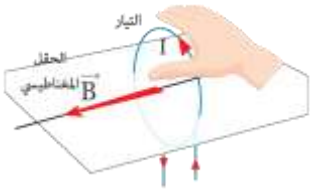


$$\tan\theta = \frac{B}{B_H} = \frac{4\times10^{-6}}{2\times10^{-5}} = 0.2$$

لكن θ صغيرة بالتالي:

$$\tan\theta \approx \theta \Rightarrow \theta \approx 0.2\ rad$$

الحقلُ المغناطيسيُّ لتيّارٍ كهربائيٍّ متواصلٍ في ملفٍّ دائريٍّ:



عناصرُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ لتيارٍ دائريٍّ:

الحاملُ: العمودُ على مُستوي الملفّ الدائري.

الجهةُ: عمليّاً من القطبِ الجنوبيّ إلى القطبِ الشماليّ لإبرةٍ مغناطيسيّةٍ نضعُها عند مركزِ الملفّ الدائريّ بعد استقرارها.

نظريّاً حسبَ قاعدةِ اليدِ اليُمنى: نضعُها فوقَ الملفّ حيثُ يدخلُ التيّارُ من الساعدِ، ويخرجُ من أطرافِ الأصابعِ، ويتّجهُ باطنُ الكفّ نحوَ مركزِ الملفّ، فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.

الشدّة: وُجدَ تجريبيّاً أنّ شدّةَ الحقلِ المغناطيسيّ لتيارٍ دائريٍّ تتناسبُ: طرداً مع شدّةِ التيارِ الكهربائيّ المارّ فيه I.

وطرداً مع عددِ لفّاتِ الملفّ N وعكساً مع نصفِ قطرِ الملفّ الوسطيّ r.

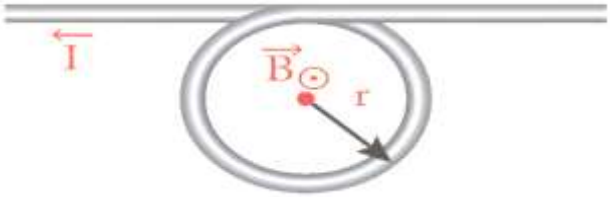
$$B = 4\pi\times10^{-7}K'I$$

لكن: $k' = \frac{N}{2r}$ بالتالي:

$$B = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI}{r}$$

تطبيق (2):

نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً شدّتُه $6A$ في سلكٍ مُستقيمٍ طويلٍ معزولٍ، ثمّ نلفُّ جزءاً منه على شكلِ حلقةٍ دائريّةٍ كما في الشّكل بلفّةٍ واحدةٍ نصفُ قطرها $3cm$ احسبْ شدّةَ الحقلِ المغناطيسيّ المحصّلِ في مركزِ الحلقةِ، ثمّ حدّدْ بقيّةَ عناصرِه.



فراس قلعه جي ٠٩٨٤٤٠٥٧٤ ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

الحل: نَعُدُّ السلكَ جزأين الأولُ حلقةٌ والثاني مستقيمٌ فينشأُ في مركزِ الحلقةِ الدائريّةِ حقلانِ يمكنُ تحديدُ جهةِ كلٍّ منهما حسبَ قاعدةِ اليدِ اليُمنى .

1) الحقلُ المغناطيسيُّ المتولّدُ عنِ التيّارِ المارّ في الحلقة الدائريّة:

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

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

2) الحقلُ المغناطيسيُّ المتولّدُ عنِ التيّارِ المارّ في السلك المستقيم:

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

$$B_2 = 4\times 10^{-6}\ T$$

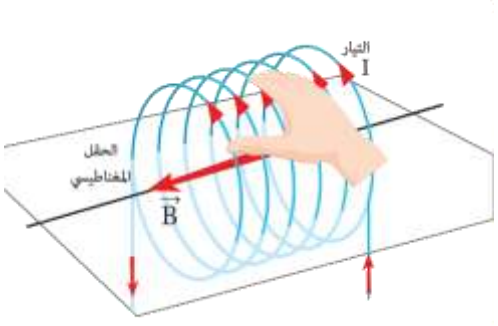
الحقلان على حاملٍ واحدٍ، وبالجهةِ نفسِها، فتكونُ شدّةُ الحقلِ المحصّل:

$$B_T = B_1 + B_2$$

$$B_T = 12.5\times 10^{-6} + 4\times 10^{-6}$$
$$= 16.5\times 10^{-6}\ T$$

الحقلُ المغناطيسيُّ لتيّارٍ كهربائيٍّ متواصلٍ يمرُّ في ملفٍّ حلزونيٍّ (وشيعة):

عناصرُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ المتولّدِ عن تيار حلزوني:



الحاملُ: محورُ الوشيعةِ .

الجهةُ: عمليّاً: من القطبِ الجنوبيِّ إلى القطبِ الشماليِّ لإبرةٍ مغناطيسيّةٍ نضعُها عندَ مركزِ الوشيعةِ بعدَ استقرارِها .

نظريّاً: تُحدّدُ بقاعدةِ اليدِ اليمنى نضعُها فوقَ الوشيعةِ بحيثُ توازي أصابعُها إحدى الحلقاتِ ونتصوّرُ أنّ التيّارَ يدخلُ من الساعدِ، ويخرجُ من رؤوسِ الأصابعِ، فيشيرُ الإبهامُ الذي يُعامدُ الأصابعَ إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ .

الشدّة: وُجدَ تجريبيّاً أنّ شدّةَ الحقلِ المغناطيسيِّ لتيّارٍ حلزونيٍّ داخلَ الوشيعةِ تتناسبُ طرداً مع:

1) شدّةِ التيّارِ الكهربائيِّ المتواصلِ المارِّ فيها I .

2) النسبةِ $n_1 = \frac{N}{l}$ أي عددِ اللفّاتِ في واحدةِ الأطوالِ

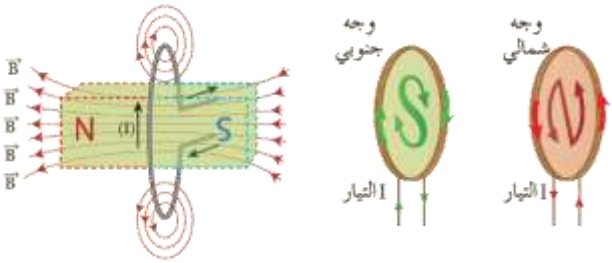
وتُعطى الشدّةُ بالعلاقة:

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

لكنّ: $k' = \frac{N}{l}$ بالتالي:

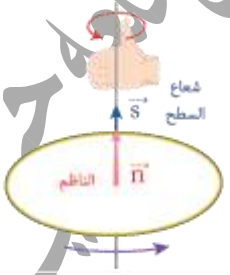
$$B = 4\pi \times 10^{-7}\frac{NI}{l}$$

نتيجة: إنّ اللفّاتِ والوشائعَ الكهربائيّةَ تكافئُ مغانطَ إذْ يُطلقُ اسمُ الوجهِ الشماليِّ على وجهِ الملفِّ الذي تكونُ فيه جهةُ التيّارِ بعكسِ جهةِ دورانِ عقاربِ الساعة، أمّا الوجهُ الآخرُ للملفِّ فهو الوجهُ الجنوبيُّ حيثُ تكونُ فيه جهةُ التيّارِ بنفسِ جهةِ دورانِ عقاربِ الساعة



التدفُّقُ المغناطيسيُّ: يُعبّرُ عن عددِ خطوطِ الحقلِ المغناطيسيِّ التي تجتازُ سطحَ دارةٍ كهربائيّةٍ مُستويةٍ مُغلَقةٍ.

شعاعُ السطحِ $\vec{S}$:



نرسمُ الناظمَ $\vec{n}$ العمودي على مُستوي سطحِ الدارة الذي يتجه من وجهها الجنوبيِّ، ويخرجُ من وجهها الشّماليِّ ونعرف شعاع السطح بالعلاقة: $\vec{s} = s.\vec{n}$

عناصرُ شعاعِ السطح:

الحاملُ: الناظمُ _ الجهةُ: بجهةِ الناظمِ دوماً _ الشدة: مساحة سطحِ الدارة واحدةُ قياسها m^2.

يعطى التدفق المغناطيسي $\bar{\Phi}$ الذي يجتاز دارة كهربائية في الخلاء بالعلاقة:

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

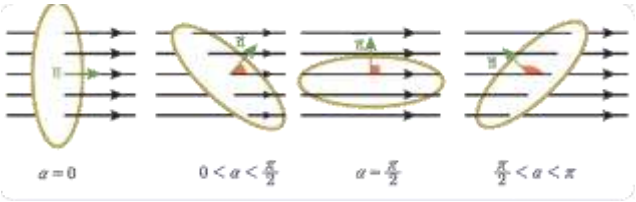
ومن أجل دارة تحوي N لفة تصبح العلاقة:

$$\bar{\Phi} = NBS\cos\alpha$$

$\bar{\Phi}$ التدفق المغناطيسي ويقاس $Weber$.

B شدة الحقل المغناطيسي الذي يجتاز الدارة ويقاس T.

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



تعليلُ المغناطيسيّة:

- يشبهُ دورانُ الإلكتروناتِ حولَ النواةِ مرورَ تيّارٍ كهربائيٍّ في حلقةٍ مغلقةٍ، فيولّدُ حقلاً مغناطيسيّاً، إذْ تتغيّرُ جهةُ هذا الحقلِ بتغيّرِ جهةِ دورانِ الإلكترونِ.
- فإذا دارَ إلكترونانِ حولَ النواةِ في الذرّةِ بسرعتينِ زاويتينِ متساويتينِ طويلةً وباتّجاهينِ متعاكسينِ وبنصفِ قطرِ مدارٍ واحدٍ تولّدَ عن أحدِهما خاصيةٌ مغناطيسيّةٌ تلغي خاصيةَ المغناطيسيّةِ المتولّدةِ عن الآخرِ.
- أمّا إذا انفردَ أحدُ إلكتروناتِ الذرّةِ بدورانِهِ حولَ النواةِ اكسبَها صفةً مغناطيسيّةً جاعلاً من الذرّةِ مغناطيساً صغيراً ثنائيَّ القطبِ.
- إنّ دورانَ الإلكترونِ حولَ محورِهِ يُعدُّ تياراً متناهياً في الصّغرِ يولّدُ حقلاً مغناطيسيّاً كما لو كانَ مغناطيساً صغيراً.
- فإذا دارَ إلكترونانِ حولَ محوريهما باتّجاهينِ متعاكسينِ يلغي أحدُهما الخصائصَ المغناطيسيّةَ للآخرِ.

- أمّا إذا انفردَ الإلكترونُ بدورانِهِ حولَ نفسِهِ أكسبَ الذرّةَ صفةً مغناطيسيّة.
- إنّ حركةَ بعضِ الشّحناتِ داخلَ النواةِ تولّدُ خَصيصةً مغناطيسيّةً صغيرةً جداً مقارنةً بالخصيصةِ المتولّدةِ عن الدورانين السابقين للإلكترونات.
- لقد أظهرت الدراسةُ للموادّ الحديديّة العاديّة أنّها تتكوّن من ثنائيّاتِ أقطابٍ مغناطيسيّةٍ متوازيةٍ عشوائيّاً في غياب المجال المغناطيسيّ الخارجيّ بحيث تكونُ مُحصّلةُ هذه الخصائصِ المغناطيسيّةِ معدومةً.
- لكن إذا وُجدت قطعةُ الحديد في مجالٍ مغناطيسيٍّ خارجيٍّ تتوجّهُ ثنائيّاتُ الأقطابِ المغناطيسيّة داخلَ القطعة باتّجاهِ المجال المغناطيسيّ الخارجيّ أي تكونُ أقطابُها الشماليّة المغناطيسيّة باتّجاهِ المجال المغناطيسيّ الخارجيّ، وتصبحُ محصّلتُها غيرَ معدومةٍ لذا تصبحُ قطعةُ الحديد ممغنطةً.

اختبر نفسي:

أولا: اختر الإجابةَ الصحيحةَ لكلٍّ ممّا يأتي:

1) نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً في ملفٍّ دائريٍّ، فيتولّدُ عندَ مركزِهِ حقلٌ مغناطيسيٌّ شدّتُهُ B، نضاعفُ عددَ لفّاتِه، ونجعلُ نصفَ قطرِ الملفّ الوسطيّ نصفَ ما كانَ عليه فتصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ عندَ مركزِه:

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

الإجابة الصحيحة: c)

توضيح اختيار الإجابة:

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

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

2) إنّ التدفّقَ المغناطيسيّ الذي يجتازُ دارةً مُستويةً في الخلاءِ يكونُ مساوياً نصفَ قيمتِهِ العُظمى عندما:

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

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

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) إنّ شدّةَ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ في مركزِ وشيعةٍ يتناسبُ طرداً مع:

a) مقاومةِ سلكِ الوشيعة. b) طولِ الوشيعة.

c) التوتّرِ الكهربائيّ المطبّقِ بينَ طرفي الوشيعة.

d) مساحةِ سطحِ مقطعِ 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) نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً في سلكٍ مستقيمٍ، فيتولّدُ حقلٌ مغناطيسيٌّ شدّتُهُ B في نقطةٍ تبعدُ d عن محورِ السلكِ، وفي نقطةٍ ثانيةٍ تبعدُ $2d$ عن محورِ السلكِ، وبعدَ أنْ نجعلَ شدّةَ التيّارِ رُبعَ ما كانت عليه تصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ:

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

الإجابة الصحيحة: d)

توضيح اختيار الإجابة:

$$B_1 = 2 \times 10^{-7}\frac{I}{d} \Rightarrow B_2 = 2 \times 10^{-7}\frac{\frac{I}{8}}{2d}$$
$$B_2 = \frac{B_1}{8}$$

5) نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً في وشيعةٍ عددُ طبقاتِها طبقةٌ واحدةٌ فيتولّدُ في مركزِها حقلٌ مغناطيسيٌّ شدّتُهُ B، نقسمُ الوشيعةَ إلى قسمَينِ متساويَين، فتصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ عندَ مركزِ الوشيعةِ مع ثباتِ التوترِ المطبق:

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

الإجابة الصحيحة: B) توضيح اختيار الإجابة: بتقسيم الوشيعة ينقص طول سلكها الى النصف، فتنقص مقاومتها الأومية الى النصف، فتزداد شدة التيار مرتين، مما يزيد شدة الحقل المغناطيسي مرتين $B' = 2B$ علماً أن النسبة $\frac{N}{l}$ ثابتة.

ثانياً: أعطِ تفسيراً علميّاً لكلٍّ ممّا يلي:

1) تتقاربُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ عند قطبَي المغناطيس.

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

2) لا يمكنُ لخطوطِ الحقلِ المغناطيسيّ أنْ تتقاطعَ.

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

2) لا تولّدُ الأجسامُ المشحونةُ الساكنةُ أيَّ حقلٍ مغناطيسيٍّ.

الجواب: لأن الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي.

ثالثاً: ضعْ كلمةَ "صح" أمامَ العبارةِ الصحيحةِ، وكلمةَ "خطأ" أمامَ العبارةِ الخاطئةِ، ثمّ صحّحْها فيما يأتي:

1) لكلّ مغناطيسٍ قطبانِ مغناطيسيّانِ مختلفانِ في شدّتهما.

(خطأ) والصح: لكلّ مغناطيسٍ قطبانِ مغناطيسيّانِ متساويانِ في شدّتهما.

2) خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ لا تُرى بالعينِ المجرّدة.

صح.

3) تزدادُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ لتيّارٍ كهربائيٍّ متواصلٍ في سلكٍ مستقيمٍ كلّما ابتعدنا عن السلك.

(خطأ) والصح: تنقص شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ لتيّارٍ كهربائيٍّ متواصلٍ في سلكٍ مستقيمٍ كلّما ابتعدنا عن السلك.

4) تنقصُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ في مركزِ وشيعةٍ لفّاتها متلاصقة عددُ طبقاتِها طبقةٌ واحدةٌ إلى نصفِ شدّتِهِ في حالةِ إنقاصِ طولِ الوشيعةِ إلى النّصف مع بقاء شدّة التّيار ثابتة.

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

رابعاً: أجبْ عمّا يأتي:

أضعُ إبرةً مغناطيسيّةً محورُها شاقوليٌّ على طاولةٍ أفقيّةٍ لتستقرَّ، أبيّنُ كيفَ يجبُ وضعُ سلكٍ مستقيمٍ أفقيّاً فوقَ البوصلةِ بحيثُ لا تنحرفُ الأبرةُ عندَ إمرارِ تيّارٍ كهربائيٍّ في السلك؟

الحل: لا تنحرف الإبرة عند نمرر تيار كهربائي في السلك إذا كان الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار منطبق على استقامة الإبرة أي يجب وضع السلك المستقيم عمودي على المستوي الحاوي على الإبرة.

خامساً: حل المسائل الآتية:

المسألةُ الأولى: نضعُ في مُستوي الزّوالِ المغناطيسيِّ الأرضيِّ سلكين طويلين متوازيين بحيثُ يبعدُ منتصفاهما (c_1, c_2) عن بعضِهما البعضِ مسافة $d = 40\ cm$ ونضعُ إبرةَ بوصلةٍ صغيرةٍ في النقطة c منتصفَ المسافة (c_1, c_2) نمرّرُ في السّلك الأول تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ $I_1 = 3A$ وفي السّلكِ الثاني تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ $I_2 = 1A$ وبجهةٍ واحدةٍ والمطلوب:

1) حسابُ شدّةِ الحقلِ المغناطيسيِّ المتولّدِ عن التيارين في النقطة C موضّحاً ذلك بالرسم.

2) حسابُ الزاويةِ التي تنحرفُ فيها إبرةُ البوصلةِ عن منحاها الأصليِّ بفرضِ أنّ قيمةَ المركبةِ الأفقيّةِ للحقلِ المغناطيسيِّ الأرضيِّ $B_H = 2 \times 10^{-5}T$.

3) حدّدِ النقطةَ الواقعةَ بين السلكين التي تنعدمُ فيها شدّةُ محصّلةِ الحقلين.

4) هل يمكنُ أنْ تنعدمَ شدّةُ محصّلةِ الحقلين في نقطةٍ واقعةٍ خارجَ السلكين؟ وضّحْ أجابتك.

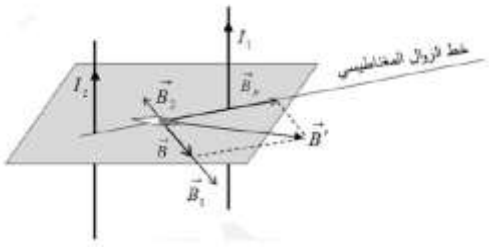
الحل: 1)

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

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

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

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



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

شدة محصلتهما: $B = B_1 - B_2$

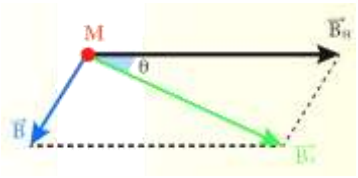
شدة الحقل المحصل في النقطة C:

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

2) قبل 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.

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

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

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

$$4d_1 = 120 \Rightarrow d_1 = 30\ cm = 0.3\ m$$

4) لا تنعدم شدّة 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 تيار أقل.

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

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

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

$$2d_1 = 120 \Rightarrow d_1 = 60\ cm = 0.6\ m$$

المسألة الثانية: a) ملفٌّ دائريٌّ في مكبّر صوتٍ عددُ لفّاتِهِ 400 لفة ونصفُ قطره 2 cm نطبّقُ بينَ طرفيه فرقَ في الكُمون 10 V فإذا علمتَ أنّ مقاومتَه 20 Ω احسبْ شدّةَ الحقلِ المغناطيسيِّ المتولّدِ عندَ مركزِ الملفّ.

فراس قلعه جي 0947205146 - 0988440574

b) نقطعُ التيّارَ السابقَ عن الملفّ، احسب التغيّرَ الحاصلَ في قيمةِ التدفّقِ المغناطيسيّ الذي يجتازُ الملفّ ذاته.

الحل:a)

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

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

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

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

B)

$$\overline{\Delta\Phi} = N\Delta BS\cos\alpha$$

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

$$\overline{\Delta\Phi} = 400\times(0 - 2\pi \times 10^{-3})\times\pi \times 4\times10^{-4}\times1$$

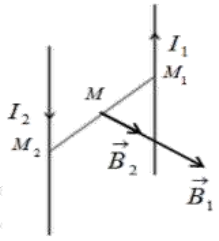
$$\overline{\Delta\Phi} = -32 \times 10^{-4}\ Weber$$

المسألة الثالثة: نضعُ سلكين شاقوليّين متوازيين بحيثُ يبعدُ منتصفاهما M_1, M_2، أحدُهما عن الآخر $4\ cm$

نمرّرُ في السلك الأوّل تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ I_1، نمرّرُ في السلك الأوّل تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ I_2، وباتّجاهين متعاكسين

فتكونُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ المحصّلِ لحقلَي التيارين $4 \times 10^{-7}\ T$ عند النقطة M منتصف المسافة M_2, M_1، وعندما يكونُ التياران بجهةٍ واحدةٍ تكونُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ المحصّلِ عند M $2 \times 10^{-7} T$ فإذا كان: $I_1 > I_2$، احسب كلاً من: I_1, I_2.

الحل: عندما يكونُ التياران باتجاهين متعاكسين يكونُ $\vec{B}_2, \vec{B}_2$ بجهةٍ واحدةٍ لهما محصلة شدتها حاصل جمع الشدتين:



$$B = B_1 + B_2$$

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

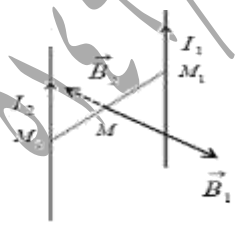
لكن: $d_1 = d_2$ بالتالي:

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

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

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

$\vec{B}_2, \vec{B}_2$ عندما يكونُ التياران بجهةٍ واحدةٍ يكونُ بجهتين متعاكستين 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:

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

0947205146
0988440574

$$2\times10^{-7}=\frac{2\times10^{-7}}{2\times10^{-2}}(I_1-I_2)$$

$$I_1-I_2=2\times10^{-2}\ \dots\dots\dots(2)$$

بجمع المعادلتين (1) و(2) نجد: $I_1=3\times10^{-2}A$

ثم نعوض قيمة I_1 في إحدى المعادلتين نجد:

$$I_2=1\times10^{-2}A$$

المسألة الرابعة: نضعُ ملفّين دائريّين لهما المركزُ ذاتُهُ في مستوٍ شاقوليٍّ واحدٍ، عددُ لفّاتِ كلٍّ منهما 200 لفّة ونصفُ قطر الأوّل $10cm$ ونصفُ قطر الثاني $4cm$، نمرر في الملفّ الأوّل تيّاراً كهربائيّاً شدّتُه $8A$، بعكس جهة دوران عقارب الساعة والمطلوبُ: حدّدْ جهةَ التيّار الواجب إمرارُهُ في الملفّ الثاني وشدّتَهُ؛ لتكونَ شدّةُ الحقل المغناطيسيّ المحصّل عندَ المركزِ المُشتركِ للملفّين:

1) 5×10^{-2}T أمام مستوي الرسم.

2) 3×10^{-2}T خلف مستوي الرسم.

3) معدومة.

الحل:

$$B_1=2\pi\times10^{-7}\frac{N_1}{r_1}I_1$$

$$B_1=2\pi\times10^{-7}\frac{200}{10\times10^{-2}}\times8=1\times10^{-2}T$$

وجهة $\vec{B}_1$ أمام مستوى الرسم.

1) حتى تكون محصلة الحقلين $\vec{B}$ أمام مستوي الرسم يجب أن يكون $\vec{B}_2,\vec{B}_1$ بجهة واحدة أمام مستوى الرسم.

$$B=B_1+B_2$$

$$5\times10^{-2}=1\times10^{-2}+B_2\Rightarrow$$

$$B_2=4\times10^{-2}\ T$$

$$B_2=2\pi\times10^{-7}\frac{N_2}{r_2}I_2$$

$$4\times10^{-2}=2\pi\times10^{-7}\frac{200}{4\times10^{-2}}I_2$$

$$I_2=\frac{4\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{2\pi\times10^{-7}\times200}$$

$$\Rightarrow I_2=12.8\ A$$

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 مستوى الرسم.

$$B=B_2-B_1$$

$$3\times10^{-2}=B_2-1\times10^{-2}$$

$$B_2=4\times10^{-2}\ T$$

$$B_2=2\pi\times10^{-7}\frac{N_2}{r_2}I_2$$

$$4\times10^{-2}=2\pi\times10^{-7}\frac{200}{4\times10^{-2}}I_2$$

$$I_2=\frac{4\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{2\pi\times10^{-7}\times200}$$

$$\Rightarrow I_2=12.8\ A$$

جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

3) حتى تنعدم محصلة الحقلين يجب أن يكون B_1,B_2 متساويان بالشدة ومتعاكسان بالجهة.

$$B_1=B_2$$

$$2\pi \times 10^{-7}\frac{N_1}{r_1}I_1 = 2\pi \times 10^{-7}\frac{N_2}{r_2}I_2$$

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2} \Rightarrow \frac{8}{10 \times 10^{-2}} = \frac{I_2}{4 \times 10^{-2}}$$

$$I_2 = 3.2\ A$$

جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة.

المسألة الخامسة: ملفٌّ دائريٌّ نصفُ قطره الوسطيّ $5\ cm$ يولّدُ عندَ مركزِهِ حقلاً مغناطيسيّاً قيمتُهُ تساوي قيمةَ الحقلِ المغناطيسيِّ الذي تولّدُهُ وشيعةٌ عندَ مركزِها عندما يمرُّ بهما التيّارُ نفسُهُ، فإذا علمتَ أنّ عددَ لفّاتِ الوشيعة 100 لفّة وطولَها $20\ cm$ احسبْ عددَ لفّاتِ الملفِّ الدائريِّ.

الحل:

$$B = B'$$

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

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

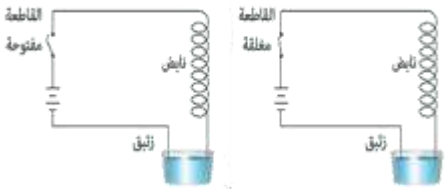
$$N = \frac{2N'r}{l} = \frac{2 \times 100 \times 5 \times 10^{-2}}{20 \times 10^{-2}}$$

$$N = 50 \text{ لفة}$$

التفكير الناقد:

نابض معدني مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة، يعلق من إحدى طرفيه ويترك ليتدلى شاقولياً، نمرر فيه تيّاراً كهربائيّاً شدّته كبيرة نسبيّاً. أتتقارب حلقات النابض، أم تتباعد عن بعضها البعض؟ مع التعليل

الجواب:



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

انتهى البحث

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

فراس قلعه جي ٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤/ ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

فعلُ الحقلِ المغناطيسيّ في التيّار الكهربائي

القوّة المغناطيسيّة: (قوة لورنز المغناطيسية)

- يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ في الجُسيمات المشحونة المُتحرّكة ضمن المنطقة التي يسودُها الحقلُ بقوّةٍ مغناطيسيّة، حيثُ تُغيّرُ هذه القوّة من مسار حركةِ هذه الجُسيمات.
- تتغيّر جهةُ انحرافِ مسار الجُسيمات المشحونة بتغيُّرِ جهة الحقل المغناطيسيّ المُؤثّر.

العواملُ المُؤثّرة في شدّة القوّة المغناطيسيّة:

أثبتَتِ التّجاربُ أنّ شدّة القوّة المغناطيسية تتناسبُ طرداً مع:

1) مقدارِ الشّحنة المُتحرّكة q.
2) شدّةِ الحقل المغناطيسيّ المُؤثّرة B.
3) سرعةِ الشّحنة v.
4) $\sin\theta$ هي θ الزّاوية بين شُعاعِ سرعة الشّحنة وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.

وبالتالي: $F = qvB\sin\theta$

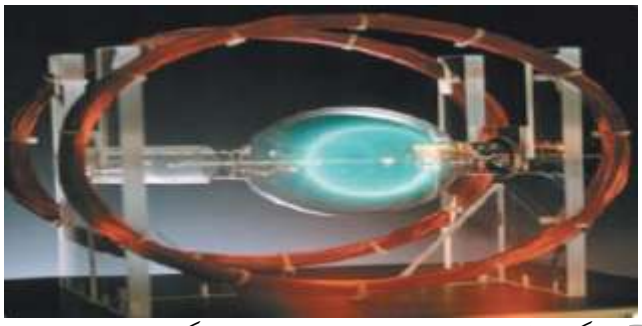
وتكونُ العبارةُ الشُعاعيّة للقوّة المغناطيسيّة:

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

عناصرُ شُعاعِ القوّة المغناطيسيّة:

1) نقطةُ التأثير: الشّحنة المُتحرّكة.
2) الحاملُ: عموديٌّ على المُستوي المُحدّد بشُعاعِ السّرعة وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.
3) الجهةُ: تُحدّدُ بقاعدةِ اليد اليُمنى وفق الآتي: نجعل السّاعدَ يوازي شُعاعَ سرعةِ الشّحنة المُتحرّكة والأصابعُ بعكسِ جهةِ شُعاعِ السُّرعة للشّحنات السّالبة وبجهةِ شُعاعِ السُّرعة للشّحنات المُوجبة ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة المغناطيسيّة.
4) الشدة: $F = qvB\sin\theta$

دراسةُ حركةِ جُسَيمٍ مشحونٍ (إلكترون) في حقلٍ مغناطيسيّ مُنتظَم (تجربة ملفّي هلمهولتز):



- يتولّد حقلٌ مغناطيسيّ مُنتظَم بين ملفّين دائريّين مُتوازيين يمرُّ فيهما التّيارُ ذاته.
- تتحرك الحزمة الالكترونية ضمن الحقل المغناطيسي المنتظم وبحيث $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$.
- يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ المُنتظَم في الحزمة الإلكترونيّة بقوة مغناطيسيّة تكونُ دائماً عموديّةً على شُعاعِ سرعتِها وتكتسبُ الحزمة الإلكترونيّة تسارُعاً ثابتاً يُعامِدُ شُعاعَ السّرعة فيكونُ التسارُعُ جاذبٍ مركزيّ وحركتُها دائريّةً مُنتظمة بالتالي يحدثُ تغيُّرٌ في حاملِ وجهةِ شُعاعِ السّرعة فقط لا في قيمتها.

استنتاجُ علاقةِ نصفِ قطرِ المَسار الدّائريّ لأحدِ الإلكتروناتِ المُتحرِّكة ضمنَ المنطقةِ التي يسودُها الحقلُ المغناطيسيّ المُنتظَم حيثُ $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$:

يخضعُ الإلكترونُ لتأثيرِ القوّةِ المغناطيسيّة فقط بإهمالِ قوّةِ ثقله:

$$\sum \vec{F} = m_e \vec{a}$$
$$\vec{F} = m_e \vec{a}$$
$$e\vec{v}\Lambda\vec{B} = m_e \vec{a}$$
$$\vec{a} = \frac{e}{m_e}\vec{v}\Lambda\vec{B}$$

وبحسبِ خواصِّ الجداءِ الشُعاعيِّ فإنّ: $\vec{a} \perp \vec{v}$

وبالتّالي الحركةُ دائريّةٌ مُنتظمة:

$$F = F_C$$
$$evB = m_e a_c$$
$$evB = m_e \frac{v^2}{r}$$
$$r = \frac{m_e v}{eB}$$

حيثُ: m_e كتلةُ الإلكترون، و v سرعةُ الإلكترون، e القيمةُ المُطلَقةُ لشحنةِ الإلكترون، B شدّةُ شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.

ويكونُ دورُ حركةِ الإلكترون:

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

نعوض قيمة r فنجد أنّ: $T = \frac{2\pi m_e}{eB}$

القوّةُ الكهرطيسيّة (قوة لابلاس الكهرطيسية):

- يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ في السّلكِ النّاقلِ الذي يجتازه تيارٌ كهربائيٌ بقوّةٍ ثابتةٍ تُسمّى القوّةَ الكهرطيسيّة.
- تتغيرُ جهةُ القوّةِ الكهرطيسيّةِ بتغيرِ جهةِ التيّار، أو بتغيرِ جهةِ شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ المُؤثّر.
- تزدادُ شدّةُ القوّةِ الكهرطيسيّة بزيادةِ كلٍّ من:

1) شدّةِ التيّارِ المارّ بالسّلك.
2) شدّةِ الحقلِ المغناطيسيّ المُؤثّر.
3) طولِ الجزءِ من النّاقلِ المُستقيمِ الخاضعِ للحقلِ المغناطيسيّ.
4) $\sin\theta$ حيثُ θ الزاويةُ المحصورةُ بينَ النّاقلِ المُستقيم، وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ المُؤثّر.

استنتاجُ عبارةِ القوّةِ الكهرطيسيّة:

بفرضِ لدينا سلك طوله L، ومساحةَ مقطعه S، والكثافةَ الحجميّة للإلكتروناتِ الحرّةِ فيه n فيكونُ عددُ الإلكتروناتِ الحرّةِ الكلي $N = nsL$ وعندَ تطبيقِ فرقِ كمونٍ بينَ طرفي السّلك فإنّ الإلكتروناتِ الحرّةَ تتحرّكُ بسرعةٍ ثابتةٍ $\vec{v}$ (فينشأ تيار) وتؤثرُ على السلكِ بحقلٍ مغناطيسيٍ فتخضعُ هذه الإلكتروناتُ إلى تأثيرِ القوةِ المغناطيسية بينما يخضعُ السّلك لتأثيرِ قوّةٍ كهرطيسية تُساوي مُحصّلةَ القوى المغناطيسيّةِ المُؤثّرةِ في الشّحناتِ المُتحرّكة (الإلكترونات) داخلَ السّلك أي تساوي جداءَ عددِ الإلكتروناتِ في القوّةِ المغناطيسية أي:

$$F = nsLevB\sin\theta$$

لكن: $N = nsl$, $v = \frac{L}{\Delta t}$

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

ولكن: $q = Ne$ وبالتالي: $I = \frac{q}{\Delta t}$ ومنه:

$$F = ILB\sin\theta$$

وهي العلاقةُ المُعبّرةُ عن شدّةِ القوّةِ الكهرطيسيّة.

حيثُ θ الزاوية المحصورة بين $\vec{B}$ و $I\vec{L}$ ويسمى الشعاع $I\vec{L}$ بشُعاع التيّار الذي حامله السّلك وجهته بجهة التيّار.

وتُكتب العبارةُ الشُّعاعيّة للقوّة الكهرطيسيّة بالشّكل:

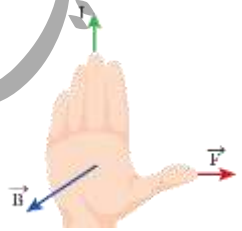
$$\vec{F} = I\vec{L}\Lambda\vec{B}$$

عناصرُ شُعاعِ القوّة الكهرطيسيّة:

1) نقطةُ التّأثير: مُنتصفُ الجزء من النّاقل المُستقيم الخاضع للحقل المغناطيسيّ المُنتظَم.

2) الحاملُ: عموديٌّ على المُستوي المُحدَّد بالنّاقل المُستقيم وشُعاعُ الحقل المغناطيسيّ.

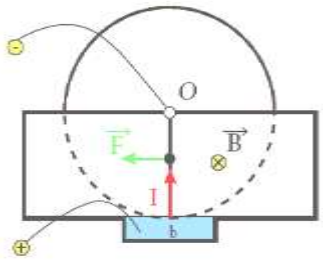
3) الجهةُ: تحقّقُ الأشعّة $(\vec{F}, \vec{IL}, \vec{B})$ ثلاثيّةً مُباشرةً وفق قاعدةِ اليدِ اليُمنى.



نجعلُ اليدَ مُنبسطةً على النّاقل بحيثُ يدخل التيّارُ من السّاعد ويخرجُ من رؤوس الأصابع ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة الكهرطيسيّة.

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

تجربةُ دولابِ بارلو:



- عندَ إغلاقِ دارةِ الدّولاب فإنّه يدورُ بتأثيرِ عزمِ القوّة الكهرطيسيّة.

- تنعكسُ جهةُ دَوَرانِ الدولاب عندَما تنعكسُ جهةُ التيّار أو جهةُ شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.

عناصرُ القوّة الكهرطيسيّة التي يخضعُ لها الدّولاب:

1) نقطةُ التّأثير: مُنتصفُ نصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ الخاضعِ للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم.

2) الحاملُ: عموديٌّ على المُستوي المُحدَّد بنصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ وشُعاعِ الحقل المغناطيسيّ المُنتظَم.

3) الجهةُ: تحقّقُ الأشعّة $(\vec{F}, \vec{IL}, \vec{B})$ ثلاثيّةً مُباشرةً وفق قاعدةِ اليدِ اليُمنى.

نجعلُ اليدَ اليُمنى مُنبسطةً على نصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ الخاضعِ للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم ويدخلُ التيّارُ من السّاعدِ ويخرجُ من رؤوسِ الأصابع ويخرجُ شُعاعُ الحقلِ المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة الكهرطيسيّة.

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

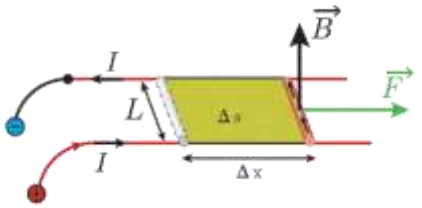
حيثُ: $\theta = (I\vec{r}\,\Lambda\vec{B}) = \frac{\pi}{2}\,rad \Rightarrow \sin\theta = 1$

عملُ القوّة الكهرطيسيّة (نظريّة مكسويل):

تجربة السّكّتَين الكهرطيسيّة:

تنتقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة Δx، فتمسح سطحاً $\Delta S = L\Delta x$، حيثُ تنتقل نقطة تأثير القوّة الكهرطيسيّة على حاملِها وبجهتِها مسافة Δx.

فراس قلعه جي ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦



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

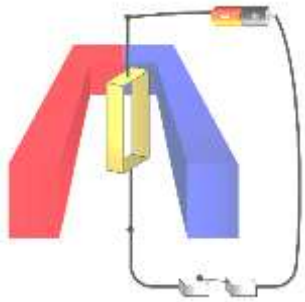
لكن: $\Delta\Phi = B\Delta S > 0$ يمثّل تزايدُ التّدفّقِ المغناطيسيّ

نعوّضُ فنجدُ: $W = I\Delta\Phi > 0$ والعمل موجب محرك.

نصُّ نظريّة مكسويل:

عندَما تنتقلُ دارةٌ كهربائيّةٌ أوجزءٌ من دارةٍ كهربائيّةٍ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ فإنّ عملَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُسبّبة لذلكَ الانتقالِ يساوي جداءَ شدّةِ التّيارِ المارّ في الدّارة في تزايُدِ التّدفّقِ المغناطيسيّ الذي يجتازُها.

تأثيرُ الحقلِ المغناطيسيّ على إطارٍ مُستطيلٍ يمرُّ فيه تيّارٌ كهربائيّ:



عند إمرارِ التّيارِ الكهربائيّ في الإطارِ المُعلّقِ بسلكٍ عديمِ الفتلِ يدورُ ويستقرُّ عندَما تصبحُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ عموديّةً على مُستوى الإطار (تدفّق أعظمي).

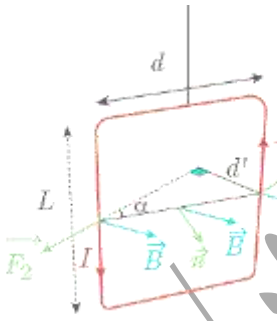
أفسّرُ سببَ دورانِ الإطار:

يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ المُنتظَمُ في الإطارِ بمُزدوجةٍ كهرطيسيّة تنشأُ عن القوّتينِ الكهرطيسيّتينِ المُؤثّرتينِ في الضّلعَينِ الشاقوليين، وتعملُ على تدويرِ الإطارِ حولَ محورِ دورانِه من وضعِه الأصليّ حيثُ التّدفّقُ المغناطيسيّ معدومٌ إلى وضعِ توازنِه المُستقرّ حيثُ يكونُ التّدفّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُه أعظميّاً.

قاعدةُ التّدفّقِ الأعظميّ:

إذا أثّرَ حقلٌ مغناطيسيٌّ في دارةٍ كهربائيّةٍ مُغلقةٍ حرّةِ الحركة تحرّكَت بحيثُ يزدادُ التّدفّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُها من وجهِها الجنوبيّ وتستقرُّ في وضعٍ يكونُ التّدفّقُ المغناطيسيّ أعظميّاً.

استنتاجُ عزمِ المُزدوَجة الكهرطيسيّة المُؤثّرة في إطارٍ طولِ ضلعِه الأفقيّ d والشاقولي l:



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

d': طول ذراعُ المُزدوَجة الكهرطيسيّة.

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

إنّ شدّةَ القوّةِ الكهرطيسيّة من أجلِ N لفة معزولة ومُتماثلة:

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

نعوض فنجد:

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

لكن: $S = Ld$ مساحة سطح الإطار.

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

وهي عبارةُ عزمِ المزدوَجة الكهرطيسيّة.

ملاحظة: يُسمّى الجداء NIS بالعزم المغناطيسي M.

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

وبالتالي علاقة عزم المزدوجة الكهرطيسيّة شُعاعياً بالشّكل:

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

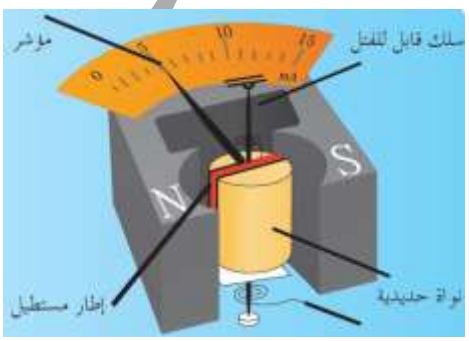
$\vec{M}$ شُعاعُ العزم المغناطيسيّ ناظميّ على مُستوي الإطار، وجهتُه بجهة إبهام يدٍ يُمنى تلفُّ أصابعُها بجهة التيّار.

(أي شعاع العزم المغناطيسيّ يتجه من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمّالي للدّارة).

المقياسُ الغلفانيّ ذو الإطارِ المُتحرّك:

هو جهازٌ يُستخدَمُ لقياس التيّارات الكهربائيّة صغيرة الشدّة وقياسها.

ممَّ يتكوَّنُ المقياسُ الغلفانيّ؟



يتألّفُ من ملفٍّ على شكل إطارٍ مُستطيلٍ يحتوي N لفة معزولة متماثلة يتّصلُ أحدُ طرفيه بسلكٍ قابلٍ للفتل أمّا الطّرفُ الآخرُ من الملفّ فيتّصلُ بسلكٍ آخرَ شاقوليٍّ ليّنٍ عديمِ الفتل ويمكنُ للإطار أن يدورَ حولَ محوره الشّاقوليّ المارّ بمركزه بين قطبَي مغناطيسٍ نضويٍّ محيطاً بنواةٍ أسطوانيّةٍ من الحديدِ اللين، بحيثُ يكونُ مُستوي الإطار يوازي الخطوطَ الأفقيّة للحقل المغناطيسيّ للمغناطيس قبل إمرار التيّار.

مبدأ عمله: عندما يمرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ في الإطار فإنّه يدورُ بزاويةٍ صغيرةٍ θ' فيشيرُ مؤشّرُ المقياس إلى قراءةٍ مُعيَّنة عندما يتوازنُ الإطارُ دالاًّ على قيمةِ شدّةِ التيّار المارّ.

استنتاجُ العلاقةِ بينَ زاويةِ دورانِ الإطار θ' والتيّارِ المارّ فيه I:

عند إمرار التيّار الكهربائيّ المُرادِ قياسُ شدّته I في إطار المقياس فإنّ الحقلَ المغناطيسيّ المُنتظمَ يؤثّرُ في الإطار بمُزدوجة كهرطيسيّة تسبّبُ دورانَ الإطار حول محور دورانه فينشأُ في سلك الفتل مُزدوجة فتلٍ تُمانع استمرار الدّوران ويتوازنُ الإطارُ بعدَ أن يدورَ بزاويةٍ صغيرةٍ θ' وعندَها يتحقّقُ شرطَ التّوازنِ الدّورانيّ:

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

$$\sum \bar{\Gamma}_{\Delta\text{كهرطيسية}} + \bar{\Gamma}_{\vec{\eta}/\Delta\text{فتل}} = 0$$

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

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

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

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

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

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

$$\theta' = GI$$

حيث $G = \frac{NSB}{k}$ ثابت المقياس الغلفانيّ: يعبّرُ عن حساسيّة المقياس الغلفانيّ ويقاس بـ $rad.A^{-1}$ وتزدادُ حساسيّةُ المقياس الغلفانيّ كلّما زادَت قيمة G ويتمُّ ذلك عمليّاً باستبدال سلكِ الفتل بسلكٍ أرفعَ منه من المادّة نفسِها (لتصغير ثابت الفتل k).

جهازُ المقياسِ مُتعدِّد الأغراض (آفومتر):

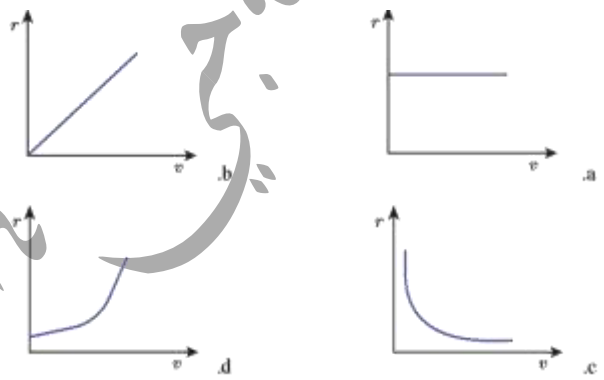
يُستخدَمُ هذا الجهاز لاستخداماتٍ عدّة مثل قياس:

التّوتّر المُستمرّ DC_ التّوتّر المُتناوب AC_ شدّة التيّار المُستمرّ والمُتناوب_ المُقاوَمات.

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة في كلّ ممّا يأتي:

1) جُسَيماتٌ مشحونةٌ لها الكتلة نفسُها والشّحنة نفسُها أُدخلت في منطقة يسودها حقل مغناطيسي مُنتظم بسرعة تعامد خطوط الحقل فإنّ الشّكل الذي يمثّل العلاقة بين نصف قطر المسار الدائري r وسرعة الجُسَيمات المشحونة الجُسَيمات المشحونة v:



الإجابة الصحيحة: b)

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

وبالتالي الخط البياني الممثل لنصف القطر بدلالة سرعة الجسيمات هو: خط مستقيم يمر بالمبدأ ميله $\frac{m}{qB}$

2) إنّ واحدة قياس النّسبة $\frac{E}{B}$ هي:

a) $m.s^{-1}$ b) $m.s^{-2}$ c) m d) S

الإجابة الصحيحة: a)

$$\frac{E}{B} = \frac{\frac{F}{q}}{\frac{F}{qv}} = v \Rightarrow m.s^{-1}$$ الواحدة هي

3) عندما يدخل الإلكترون في منطقة يسودها حقل مغناطيسي مُنتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد خطوط الحقل المغناطيسي (بإهمال ثقل الإلكترون) فإنّ حركة الإلكترون داخل الحقل هي:

a) دائريّة مُتغيّرة بانتظام. b) دائرية منتظمة.

c) مستقيمة منتظمة. d) تبقى شدته ثابتة.

الإجابة الصحيحة: b)

توضيح اختيار الإجابة:

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

4) عندما يدخل جسمٌ مشحونٌ في منطقةٍ يسودها حقلٌ مغناطيسي مُنتظمٌ، فإنّ شُعاعاً سرعته $\vec{v}$:

a) يتغير حامله وشدّته. b) يتغيّر حامله فقط.

C) تتغيّر شدّته فقط. d) تبقى شدّته ثابتة.

الإجابة الصحيحة: d)

توضيح اختيار الإجابة: لأن الحركة دائرية منتظمة.

5) عندما تدحرج السّاق في تجربة السّكّتين الكهرطيسيّة تحت تأثير القوّة الكهرطيسيّة، فإنّ التّدفّق المغناطيسي:

a) يبقى ثابتاً. b) يزداد. C) يتناقص. d) ينعدم.

الإجابة الصحيحة: b)

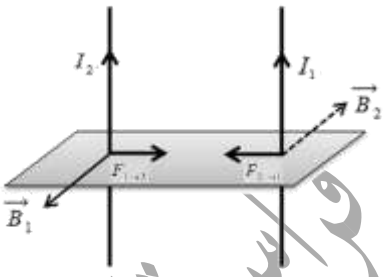
توضيح اختيار الإجابة:

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

ثانياً: أجبْ عن الأسئلةِ الآتية:

1) ادرس التّأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمرُّ بهما تيّاران مُتواصلان لهما الجهة نفسُها واستنتجْ عبارة القوّة الكهرطيسيّة المؤثّرة في أحد السّلكين نتيجة وجود السّلك الآخر.

الحل: التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متواصلان لهما الجهة نفسها:



يولد التيار المستقيم I_1 في كل نقطة من الجزء L_1 من السلك المستقيم الثاني حقلاً مغناطيسي شدته:

$$B_1 = 2\times10^{-7}\frac{I_1}{d}$$

يؤثر هذا الحقل في الجزء L_2 بقوة كهرطيسية شدتها:

$$F_{1\to2} = I_2L_2B_1\sin\frac{\pi}{2}.$$

$$F_{1\to2} = I_2L_2(2\times10^{-7}\frac{I_1}{d})\sin\frac{\pi}{2}$$

$$F_{1\to2} = 2\times10^{-7}\frac{I_1I_2}{d}L_2$$

وبدراسة جملة مماثلة نجد:

$$F_{2\to1} = 2\times10^{-7}\frac{I_1I_2}{d}L_1$$

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

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

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

$$\vec{F} = q\vec{v}\,\Lambda\overrightarrow{B}$$

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

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

2) بيّن كيف يتم قياس شدة التيار في المقياس الغلفاني ثم استنتج العلاقة بين شدة التيار I وزاوية دوران الإطار (θ) وكيف تتم زيادة حساسية المقياس الغلفاني عملياً من أجل التيار نفسه.

الحل: عند إمرار التيار الكهربائي المراد قياس شدته في إطار المقياس فإن الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثر فيه بمزدوجة كهرطيسية تنشأ عن القوتين الكهرطيسيتين المؤثرتين في الضلعين الشاقوليين تعمل هذه المزدوجة على تدوير الإطار حول محور الدوران فينشأ في سلك الفتل مزدوجة فتل تمانع استمرار الدوران ويستقر الإطار بعد أن يدور زاوية θ' تتناسب طرداً مع I شدة التيار الكهربائي.

$$\sum\bar{\Gamma}_{\Delta\text{كهرطيسية}} + \sum\bar{\Gamma}_{\Delta\text{فتل}} = 0$$

- عزم المزدوجة الكهرطيسية:

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

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

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

$$\Gamma = NISB$$

- عزم مزدوجة الفتل: $\Gamma = -k\theta'$

نعوض في شرط التوازن الدوراني:

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

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

$$\theta' = GI$$

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

عملياً نستخدم سلك تعليق رفيع جداً من الفضة.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: في تجربة السكتين الكهرطيسية، تستند ساق نحاسية كتلتها 16 g، إلى سكتين أفقيتين حيث يؤثر على 4 cm من الجزء المتوسط منها حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته 0.1 T ويمر بها تيار شدته 40 A والمطلوب:

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

2) احسب قيمة العمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية عندما تنتقل الساق مسافة $15cm$.

3) احسب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكتين بها عن الأفق حتى تتوازن الساق والدارة مغلقة (بإهمال قوى الاحتكاك).

الحل: 1) عناصر القوة الكهرطيسية:

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

الحامل: عمودي على المستوي المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي.

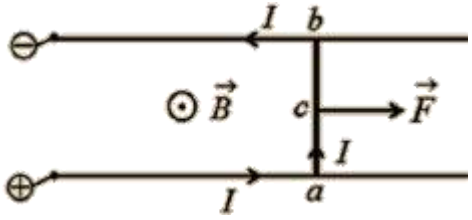
الجهة: تحدد وفق قاعدة اليد اليمنى:

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

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

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

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



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

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

3) جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

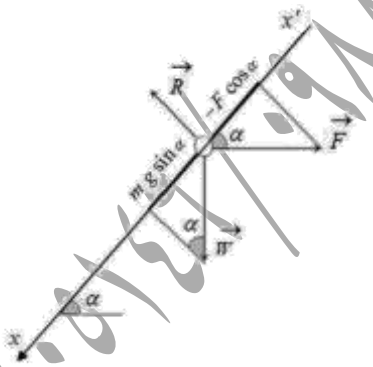
القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الساق.

$\vec{F}$ القوة الكهرطيسية.

$\vec{R}$ رد فعل السكتين.

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

$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$ بالإسقاط على المحور $\overrightarrow{x'x}$ الذي يوازي السكتين:



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

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

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

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

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

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

المسألة الثانية: نعلّقُ سلكاً نحاسيّاً ثخيناً طوله $60\ cm$ وكتلته $50g$ من طرفه العلوي شاقولياً ونغمس طرفه السّفلي في حوض يحتوي الزّئبق ثم نمرّرُ تيّاراً كهربائياً مُتواصلاً شدّته $10\ A$ حيثُ يؤثّرُ حقلٌ مغناطيسي مُنتظمٌ أفقيٌ شدّته $B = 3 \times 10^{-2} T$ على قطعة منه طولها $4cm$، يبعدُ مُنتصفها عن نقطة التّعليق $50\ cm$ استنتجْ العلاقة المُحدّدة لزاوية انحراف السّلك عن الشّاقول بدلالة أحد نسبها المثّلثية ثمّ احسبْها .

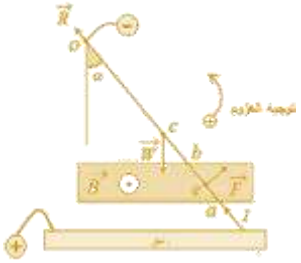
الحل: جملة المقارنة: خارجية .

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة .

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

$\vec{F}$ الكهرطيسية .

$\vec{R}$ رد فعل السكتين .



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

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

لأن $\bar{\Gamma}_{\vec{R}\to\Delta} = 0$ حامل $\vec{R}$ يلاقي Δ .

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

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

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

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

$$\sin\alpha = 4 \times 10^{-2} < o.24$$

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

المسألة الثالثة: إطارٌ مُستطيلُ الشّكل يحتوي 100 لفة من سلكٍ نحاسيٍ معزولٍ مساحته $4\pi\ cm^2$.

a) نعلّقُ الإطار بسلكٍ عديم الفتل شاقولي، ونخضعُه لحقلٍ مغناطيسيٍ مُنتظمٍ أفقيٍ شدّته $B = 4 \times 10^{-2} T$ خطوطه توازي مُستوي الإطار الشّاقولي، نمرّرُ في الإطار تيّاراً شدّته $\frac{1}{10\pi} A$ والمطلوب:

1) عزم المُزدوجة الكهرطيسيّة التي يخضعُ لها الإطارُ لحظة إمرار التيار .

2) عمل المُزدوجة الكهرطيسيّة عندما يدورُ الإطارُ من وضعه السّابق إلى وضع التّوازن المُستقرّ .

b) نقطعُ التيار ونستبدلُ سلكَ التّعليق بسلكٍ فتلٍ شاقولي ثابتٍ فتلُه K بحيثُ يكون مُستوي الإطار يوازي خطوطَ الحقل المغناطيسيّ السّابق، ونمرّرُ تيّاراً شدّته $2mA$ فيدور الإطار بزاوية 30° ثم يتوازن والمطلوب:

1) احسبِ التّدفّقَ المغناطيسيّ في الإطار عندما يتوازن .

2) استنتجِ العلاقة المُحدّدة لثابت فتل سلك التّعليق انطلاقاً من شرط التّوازن الدّوراني، ثمّ احسبْ قيمته .

(يهمل تأثيرَ الحقل المغناطيسيّ الأرضيّ) .

الحل: a) 1)

$$\bar{\Gamma}_{\Delta} = NISB \sin\alpha$$

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

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

2)

$$W = I\Delta\Phi$$

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

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

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

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

B) 1) $\Phi = NSB\cos\alpha$ $(4\pi = 12.5)$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k = 96\pi\sqrt{3} \times 10^{-6}\ m.N.rad^{-1}$$

المسألة الرّابعة: دولابٌ بارلو قطرُه 20cm، يمرّرُ فيه كهربائيٌّ مُتواصِلٌ I، ويخضعُ نصفُ القرصِ السّفليِّ لحقلٍ مغناطيسيٍّ أفقيٍّ مُنتظِمٍ شدَّتُه $B = 10^{-2}T$، فيتأثّرُ الدّولابُ بقوّةٍ كهرطيسيّةٍ شدَّتُها $F = 0.04N$ والمطلوب:

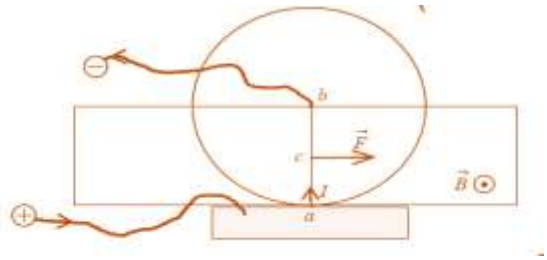
1) بيّنْ بالرّسمِ جهةَ كلٍّ من $(\vec{F}, \vec{B}, I\vec{L})$.

2) احسبْ شدّةَ التّيارِ المارّ في الدّولاب.

3) احسبْ عزمَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثّرةِ في الدّولاب.

4) احسبْ قيمةَ الكتلةِ الواجبِ تعليقُها على طرفِ نصفِ القطرِ الأفقيِّ للدّولابِ لمنعِه عن الدّوران.

الحل: 1)



2) $F = IrB\sin\theta$

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

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

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

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

5) جملة المقارنة: خارجية.

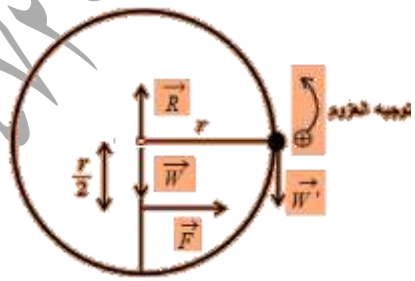
الجملة المدروسة: الدولاب المتوازن.

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

$\vec{F}$ الكهرطيسية.

$\vec{R}$ رد فعل محور الدوران.

$\vec{W}'$ ثقل الكتلة المضافة.



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

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

فراس قلعه جي ٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤ ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

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

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

$$\left(\frac{r}{2}\right)F = (r)mg$$

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

التفكير الناقد:

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

الجواب: بإهمال ثقل الجسيم المشحون و عند مرور الجسيم المشحون ضمن منطقة الحقل مغناطيسي المنتظم فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية $\vec{F} = q\vec{v}\Lambda\vec{B}$ وعند مروره ضمن منطقة الحقل الكهربائي فإنه يتأثر بقوة كهربائية $\vec{F'} = q\vec{E}$ إن كلاًمن $\vec{F'}$ و $\vec{F}$ على حامل واحد وهنا نميز حالتين: 1- $\vec{F'}$ و $\vec{F}$ بجهة واحدة ومحصلتهما قوة جاذبة مركزية فسوف يكون المسار دائري.

2- $\vec{F'}$ و $\vec{F}$ بجهتين متعاكستين ومتساويتان بالشدة سوف تنعدم محصلة القوى فيصبح المسار مستقيم.

ـ ـ ـ ـ ـ انتهى البحث ـ ـ ـ ـ ـ

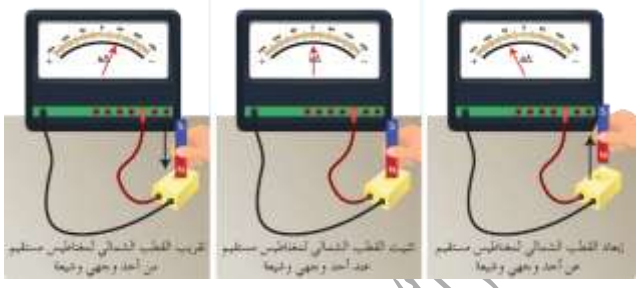
ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

فراس قلعه جي ٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤ / ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

التحريض الكهرطيسي

قانونُ فارادي: تجربة (1):

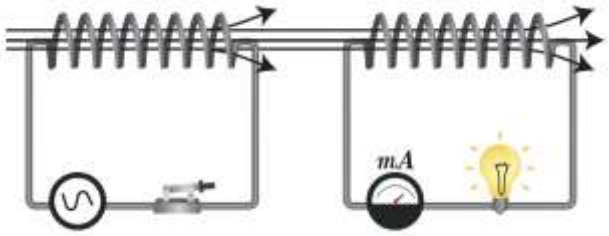


عند اقتراب أو ابتعاد القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من وجه الوشيعة يزداد (عند الاقتراب) أو يتناقص (عند الابتعاد) التدفق المغناطيسي في الوشيعة (دارة مغلقة) فتنشأ قوّةٌ مُحرّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرّضة تعمل على توليد تيار متحرض .

يسمى التيار المتولد عن تغير التدفق المغناطيسي عبر الدارة بالتيار المتحرض ويسمى المغناطيس المتحرك بالمحرض وتسمى حادثة توليد التيار المتحرض بواسطة المغناطيس المحرض بحادثة التحريض الكهرطيسي .

وعند توقف المغناطيس المحرض عن الحركة يصبح التدفق المغناطيسي عبر الدارة ثابتاً فينعدم التيار المتحرض .

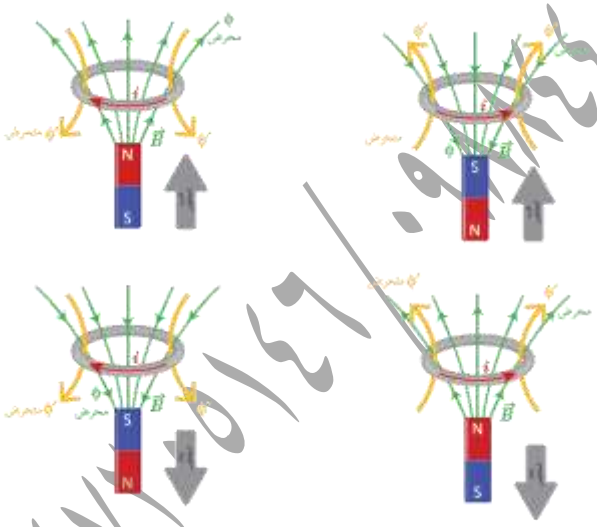
تجربة (2):



نصلُ طرفَي الوشيعةِ الأولى بمأخذِ لمولّدِ تيّارٍ كهربائيٍّ مُتناوبٍ جيبي ثم نضعُ الوشيعةَ الثّانية ليكونَ محورُها مُنطبقاً على محورِ الوشيعةِ الأولى وأصلُ طرفيها بوساطةِ أسلاكِ التوصيلِ إلى المِصباحِ الكهربائيّ ومقياسِ ميكرو أمبير نغلقُ دارةَ الوشيعةِ الأولى ونراقبُ المِصباحَ الكهربائيّ ومقياسَ الميلي أمبير في الدّارة الثّانية فيتولّدُ تيّارٌ كهربائيٌّ في الدّارةِ الثّانيةِ على الرّغمِ من عدمِ وجودِ مُولّدٍ فيها، وهو ناتجٌ عن التّحريضِ الكهرطيسيّ ويُدعى بالتيّارِ الكهربائيّ المُتحرّض ويعلّلُ ذلكَ أنّ الوشيعةَ الأولى تولّد حقلاً مغناطيسيّاً مُتناوباً جيبيّاً فيتغيّرُ التّدفّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُ الوشيعةَ الثّانية، وتتولّدُ قوّةٌ محرّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرّضة تسبّبُ مرورَ التيّارِ الكهربائيّ المُتحرّض .

نص قانونُ فارادي: يتولّدُ تيّارٌ كهربائيٌّ مُتحرّضٌ في دارةٍ مُغلقةٍ إذا تغيّرَ التّدفّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُها ويدومُ هذا التيّارُ بدوامِ تغيُّرِ التّدفّقِ لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسيّ المحرّض .

قانون لنز:



1) إنّ تقريبَ القطبِ الشّمالي من أحدِ وجهَي الوشيعةِ يولّدُ فيها تيّاراً كهربائيّاً مُتحرّضاً فيولّدُ بدورِه حقلاً مغناطيسيّاً مُتحرّضاً، جهتُه بعكسِ جهةِ الحقلِ النّاجمِ عن المغناطيسِ المُحرّضِ الذي قرّبناه من وجهِ الوشيعة، وكذلك الأمر بالنّسبة إلى تقريبِ القطبِ الجنوبيّ .

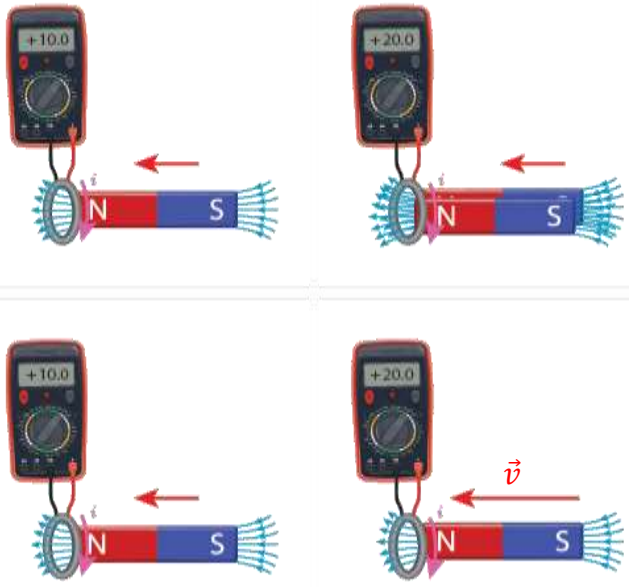
2) إنّ إبعادَ القطبِ الشّمالي للمغناطيس المُحرِّض عن أحدِ وجهَي الوشيعةِ يؤدّي إلى تولُّد تيّار مُتحرِّض في الوشيعةِ يولّد بدوره حقلاً مغناطيسيّاً مُتحرِّضاً تتّفقُ جهتُه مع جهةِ الحقلِ الناجمِ عن المغناطيسِ المُحرِّض، وكذلك الأمرُ بالنّسبة إلى إبعادِ القطبِ الجنوبيّ.

3) تسعى الوشيعةُ لإبقاصِ التّدفّقِ المغناطيسيّ الذي يجتازُها في حالِ تزايدِ التّدفّقِ المغناطيسيّ المُحرِّضِ النّاجم عن تقريبِ المغناطيس.

4) تسعى الوشيعةُ لزيادةِ التّدفّقِ المغناطيسيّ الذي يجتازُها في حالةِ إبقاصِ التّدفّقِ المغناطيسيّ المُحرِّضِ النّاجم عن إبعادِ المغناطيس.

نص قانونُ لنز: إنّ جهةَ التّيارِ المُتحرِّضِ في دارةٍ مُغلَقة تكونُ بحيثُ يُنتِجُ أفعالاً تعاكِسُ السّببَ الذي أدّى إلى حدوثِه.

القوّة المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرِّضة:



هي فرقُ الكمونِ بين طرفي الدارةِ والناتجُ عن تغيّرِ التّدفّقِ المغناطيسيّ خلالَ تغيّرِ الزّمن.

تتناسبُ القوّةُ المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرِّضة ε:

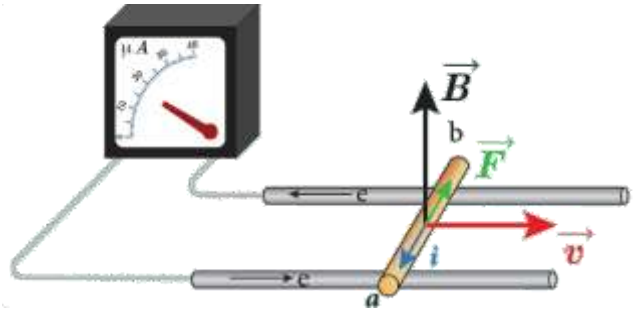
1) طرداً مع تغيّرِ التّدفّقِ المغناطيسيّ المُحرِّضِ $d\Phi$.

2) عكساً مع زمنِ تغيُّرِ التّدفّقِ المغناطيسيّ المُحرِّضِ dt.

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

حيثُ تنسجمُ الإشارةُ السّالبةُ مع قانونِ لنز.

التعليل الإلكتروني لنشوء التيّار المُتحرِّض والقوّة المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرِّضة:

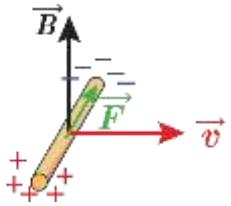


ندحرجُ السّاقَ النّاقلةَ على السكتين فينحرفُ مؤشّرُ مقياسِ الميكرو أمبير دليلَ مرورِ تيّارٍ كهربائيّ مُتحرِّض نعلل ذلك بأنه:

عند تحريكِ السّاقِ بسرعةٍ ثابتةٍ عموديّاً على خطوطِ الحقلِ المغناطيسيّ فإنّ الإلكتروناتِ الحرّةَ في السّاقِ ستتحرّكُ بهذه السّرعةِ وسطيّاً ومع خضوعِها لتأثيرِ الحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَمِ فإنّها تخضعُ لتأثيرِ القوّةِ المغناطيسيّة $\vec{F} = e\vec{v}\Lambda\vec{B}$

وبتأثيرِ هذه القوّةِ تتحرّكُ الإلكتروناتُ الحرّة في السّاقِ وتتولّدُ قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ تحريضيّةٌ تسبّبُ مرورَ تيّارٍ كهربائيّ مُتحرِّض عبرَ الدّارةِ المغلقةِ جهتُه الاصطلاحيّة بعكسِ جهةِ حركةِ الإلكتروناتِ الحرّة أي بعكسِ جهةِ القوّةِ المغناطيسيّة.

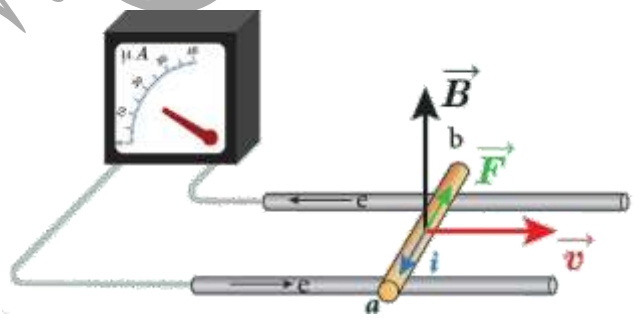
عند فتح الدّارة:



عندَ تحريكِ السّاق بسرعةٍ $\vec{v}$ على سكّتين معزولتين في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ تنشأُ القوّةُ المغناطيسيّة وبتأثيرِ هذهِ القوّةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ الحرّةُ من أحدِ طرفي السّاق الذي يكتسبُ شحنةً موجبةً، وتتراكمُ في الطّرفِ الآخرِ الذي يكتسبُ شحنةً سالبةً فينشأُ بينَ طرفي السّاق فرقاً في الكمونِ يمثّلُ القوّةَ المحرّكةَ الكهربائيّةَ المُتحرّضة.

تطبيقاتُ التّحريض الكهرطيسيّ:

1. مبدأُ المولِّد:



لندرس نظرياً تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائيّة:

عندَ تحريكِ السّاق بسرعةٍ ثابتةٍ $\vec{v}$ عموديّةٍ على شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ المُنتظمِ $\vec{B}$ خلالَ فاصلٍ زمنيٍّ Δt تنتقلُ الساق مسافة: $\Delta x = v\Delta t$ فيتغيّرُ السّطحُ بالمقدار:

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

فيتغيّرُ التّدفّقُ المغناطيسيُّ بالمقدار:

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

فتتولّدُ قوّةٌ محرّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرّضة قيمتُها المُطلقة:

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

وبما أنّ الدّارةَ مُغلقةٌ يمرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ مُتحرّضٌ شدّتُه:

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

فتكونُ الاستطاعةُ الكهربائيّةُ النّاتجة:

$$P = \varepsilon i$$

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

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

ولكن عندَ تحريكِ السّاق بسرعةٍ $\vec{v}$ تنشأُ قوّةٌ كهرطيسيّةٌ، جهتُها بعكسِ جهةِ حركةِ السّاق المُسبّبةِ لنشوءِ التّيارِ المُتحرّض، ولاستمرارِ تولّدِ التّيارِ يجبُ التّغلّبُ على هذهِ القوّةِ الكهرطيسيّة بصرف استطاعةٍ ميكانيكيّة p'.

$$P' = Fv$$

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

والتيار المتحرض: $i = \frac{BLv}{R}$

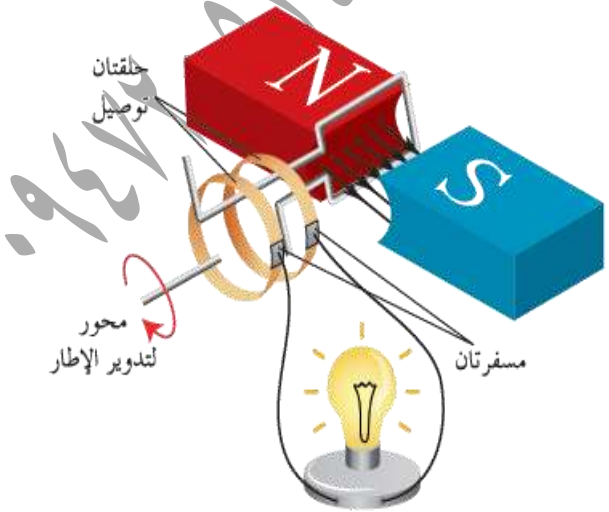
نعوّضُ: $P' = \mathrm{F}v = iLBv = \frac{BLv}{R}LBv$

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

وبموازنةِ العلاقتين نجدُ أنّ: $P' = P$.

وبهذا تكونُ قد تحوّلت الطّاقةُ الميكانيكيّةُ إلى طاقةٍ كهربائيّة.

2. مولد التيار المتناوب الجيبي:



وصفُه: يتكوّنُ من إطارٍ مؤلفٍ من N لفة متماثلة مساحة كلٍّ منها S أسلاكُه ناقلةٌ ومعزولةٌ ومَلفوفةٌ بالاتّجاه ذاته يدورُ حول محورٍ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظمٌ $\vec{B}$ ويتّصلُ طرفا المَلفّ بحلقتين R_1, R_2، بحيثُ يمرُّ محورُ الدّوران بمركز هاتين الحلقتين، وتدورُ الحلقتان بدوران المَلفّ ويمسُّ كلَّ حلقةٍ مسفرةٌ معدنية (ناقلة) (k_1, k_2)، وتتصلُ هاتان المسفرتان المَلفَّ بالدّارة الخارجيّة كما في الشّكل السابق.

استنتاجُ العلاقة المُحدّدة للقوّة المُحرّكة الكهربائيّة المُتحرّضة:

بفرضِ أنّه في لحظةٍ ما أثناءَ الدّوران كانَ النّاظم على مُستوي الإطار يصنعُ مع شعاع الحقل المغناطيسيّ $\vec{B}$ زاوية قدرها α، فيكونُ التّدفّقُ المغناطيسيّ Φ الذي يجتاز سطح الإطار: $\bar{\Phi} = NBs\cos\alpha$

فإذا كانت السّرعةُ الزّاويةُ لدوران الإطار ω ثابتة، فإنّ الزّاوية α التي يدورُها المَلفُّ في زمنٍ قدرُه t:

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

نعوّضُ فنجدُ: $\bar{\Phi} = NBS\cos\omega t$

وتكونُ القوّةُ المُحرّكةُ الكهربائيّةُ المُتحرّضة ε:

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

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

تكونُ ε عظمى عندما: $\sin\omega t = 1$

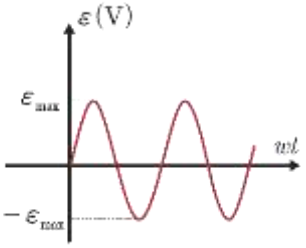
نعوض: $\varepsilon_{max} = NSB\omega$ فنجد أنّ:

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

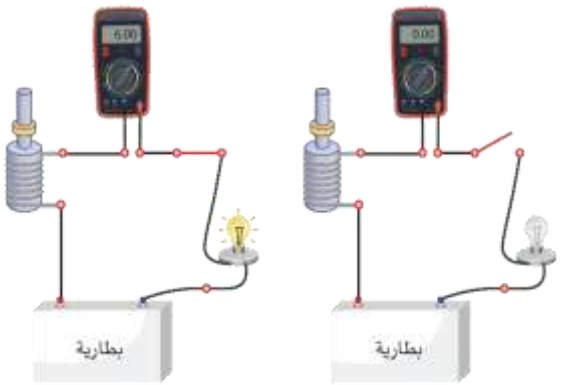
وبذلك نحصلُ على التّيار المتناوب الجيبي لأنّ:

القوّةَ المُحرّكةَ الكهربائيّةَ المُتحرّضة ε مُتناوبةٌ جيبيّةٌ لحظية.

عندَ رسمِ تغيُّراتِ ε بدلالةِ ωt نحصلُ على المُنحني البياني الآتي:



3. مبدأُ المُحرّكِ:



- عندَ إغلاقِ القاطعةِ ومنعِ المُحرّكِ من الدّوران يتوهّجُ المصباحُ ويدلُّ المقياسُ على مرورِ تيّارٍ كهربائيٍّ له شدّةٌ معيّنة.
- عندَ السّماحِ للمُحرّكِ بالدّوران تبدأُ سرعتُه بالازديادِ فيقلُّ توهّجُ المصباح وتنقصُ دلالةُ المقياس ممّا يدلُّ على مرورِ تيّارٍ كهربائيٍّ شدّتُه أصغرُ.
- تتولّدُ في المُحرّك قوّةٌ مُحرّكةٌ كهربائيّةٌ تحريضيّةٌ عكسيّةٌ مُضادّةٌ للقوّة المُحرّكة الكهربائيّة المُطبّقة بين قطبي المولّد، وتزدادُ بازديادِ سرعةِ دوران المُحرّك.
- يوجدُ في المُحرّك وشيعةٌ، يمرُّ فيها تيّارٌ كهربائيٌّ تدورُ بتأثيرِ حقلٍ مغناطيسيٍّ وبسببِ هذا الدّوران يتغيّرُ التّدفّقُ المغناطيسيُّ من خلالِ الوشيعةِ ممّا يسبّبُ تولّدَ قوّةٍ مُحرّكةٍ تحريضيّةٍ عكسيّةٍ تتوقّفُ على سرعةِ دوران المُحرّك.

لندرسَ نظرياً تحوُّلَ الطّاقةِ الكهربائيَّةِ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة في المُحرِّك:

عندَ مرورِ التّيارِ الكهربائيِّ في السّاقِ الخاضعةِ لتأثيرِ الحقلِ المغناطيسيِّ المُنتظَمِ $\vec{B}$، فإنّها تتأثّرُ بقوّةٍ كهرطيسيّةٍ شدتها:

$$F = ILB$$

تعملُ القوّةُ الكهرطيسيّةُ على تحريكِ السّاقِ بسرعةٍ ثابتةٍ $\vec{v}$، وتكونُ الاستطاعةُ الميكانيكيةُ الناتجة: $P' = Fv$

$$P' = ILBv$$

لكنْ عندَ انتقالِ السّاقِ مسافةً Δx، فإنّ التّدفّقَ المغناطيسيَّ يتغيّرُ بالمقدار: $\Delta\Phi = BLv\Delta t$

فتتولّدُ في الساقِ قوّةٌ محرّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرّضةٌ عكسيّةٌ تعاكسُ مرورَ تيّارِ المولّدِ فيها تُعطى قيمتُها المُطلقةُ بالعلاقة:

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

ولاستمرارِ مرورِ تيّارِ المولّدِ يجبُ تقديمُ استطاعةٍ كهربائيّة:

$$P = \varepsilon' I$$

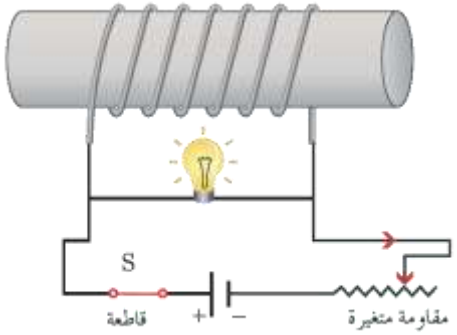
$$P = BLvI$$

بالموازنةِ نجدُ: $P' = P$

وبهذا الشّكلِ تتحوّلُ الطّاقةُ الكهربائيّةُ إلى طاقةٍ ميكانيكيّة.

التّحريضُ الذّاتيّ:

لدينا دارةٌ موضحةٌ بالشكلِ تتألفُ من وشيعةٍ ومصباحٍ وأبالٍ كهربائيّةٍ ومُقاومةٍ مُتغيّرةٍ مع زالقٍ (مُعدّلة) وقاطعةٍ وأسلاكٍ توصيل نغلقُ القاطعة، ونحرّكُ الزّالقةَ حتّى تصبحَ إضاءةُ المصباحِ خافتةً.



- عندَ فتحِ القاطعةِ يتوهّجُ المصباحُ بشدةٍ قبلَ أن ينطفئ، ممّا يدلُّ على حصولِ المصباحِ على الطّاقةِ من مصدرٍ آخرَ غيرِ المولّدِ؛ لأنّ دارتَه مفتوحةٌ ولا يوجدُ في الدّارةِ إلا الوشيعة، ويحدثُ هذا نتيجةَ التّحريضِ الذّاتيِّ في الوشيعة، حيثُ أنّ فتحَ القاطعةِ يؤدّي إلى تناقصِ شدّةِ التّيارِ المارّ في الوشيعة، فيتناقصُ تدفّقُ الحقلِ المغناطيسيِّ المُتولّدِ في الوشيعة خلالَ الوشيعةِ ذاتِها، الأمرُ الذي يولّدُ قوّةً كهربائيّةً مُحرّكةً مُتحرّضةً في الوشيعةِ أكبرَ من القوّةِ المُحرّكةِ الكهربائيّةِ للمولّد، لأنّ زمنَ تناقصِ الشّدّةِ مُتناهي الصغر حيثُ تكونُ قيمةُ $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكنَ لحظةَ فتحِ القاطعة.
- عندَ إغلاقِ القاطعةِ من جديدٍ يتوهّجُ المصباحُ ثمّ يعودُ إلى ضوئِه الخافت، حيثُ تتزايدُ شدّةُ التّيارِ وبالتّالي يتزايدُ تدفّقُ الحقلِ المغناطيسيِّ المُتولّدِ عن الوشيعةِ عبرَ الوشيعةِ ذاتِها، فيتولّدُ فيها قوّةٌ محرّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرّضةٌ تمنعُ مرورَ التّيارِ المتحرضِ فيها، ويمرُّ تيّارُ المولّدِ في المصباحِ فقطْ مُسبّباً توهّجَه قبلَ أن تخبوَ إضاءتُه بسببِ تناقصِ قيمةِ $\frac{di}{dt}$ للتّيارِ المتحرضِ وازديادِ مرورِ تيّارِ المولّدِ تدريجيّاً في الوشيعةِ حتّى ثباتِ الشّدّةِ فتنعدمُ القوّةُ المُحرّكةُ الكهربائيّةُ المُتحرّضةُ في الوشيعة.

إنّ الوشيعةَ قامتْ بدورِ مُحرِّضٍ ومُتحرِّضٍ في آنٍ واحد، لذلكَ ندعو الدّارةَ بالدّارةِ المُتحرّضةِ الذّاتيةِ وندعو الحادثةَ تحريضاً ذاتيّاً.

ذاتيّةُ الوشيعة: تُعطى شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ المتولّدِ عن مرورِ تيّارٍ في الوشيعةِ بالعلاقة:

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

ويكون تدفّقُ هذا الحقل من خلال الوشيعة ذاتها:

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

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

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

نلاحظ أنّ أمثال شدّة التيار مقدارٌ ثابتٌ يميّزُ الوشيعة، يدعى ذاتيّة الوشيعة L واحدةُ قياسها في الجملة الدّوليّة هي الهنري H وهو: ذاتيّة دارة مُغلقة يجتازُها تدفّقٌ مغناطيسيٌّ قدرُه ويبر واحد عندما يمرُّ فيها تيارٌ، قدرُه أمبير واحد.

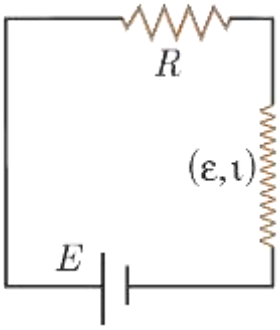
$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2S}{\ell}$$

نعوض فنجد: $\bar{\Phi} = Li$

فتصبح علاقة القوّة المُحرّكة الكهربائيّة المُتحرّضة الذّاتيّة بدلالة شدّة التيار المُتغيّر الذي يجتازُها: $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\bar{\Phi}}{dt}$

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

الطّاقةُ الكهرطيسيّةُ المُختزَنة في وشيعةٍ:



نربطُ وشيعةً ذاتيتُها L، على التّسلسُل مع مُقاومةٍ أومية R ومولّدٍ قوّته المُحرّكة الكهربائيّة E، كما في الدّارة الموضّحة بالشّكل:

بحسب قانون كيرشوف الثّاني:

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

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

نضربُ طرفي العلاقة بـ idt فنجد:

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

يمثّلُ المقدار $Eidt$ الطّاقة التي يقدّمُها المولّد خلال الزّمن dt، وهذه الطّاقة تنقسمُ إلى قسمين:

القسمُ الأول: Ri^2dt يمثّلُ الطّاقة الضّائعة حراريّاً بفعل جول في المُقاومة خلال الزّمن dt.

القسمُ الثّاني: $Lidi$ يمثّلُ الطّاقة الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة خلال الزّمن dt.

وتختزنُ الوشيعة طاقةً كهرطيسيّة E_L في لحظة t عندما تزدادُ شدّةُ التّيار المارّة في الدّارة من الصّفر إلى قيمتها النهائية I.

$$E_L = \int_0^I Lidi$$

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

وهي العلاقةُ المُحدّدة للطّاقة الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة

ويمكن أن تُكتبَ بالشّكل:

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

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

تطبيق: وشيعةٌ طولُها $20\ cm$ وطولُ سلكها $40\ m$ بطبقةٍ واحدةٍ مقاومتُها الأوميةُ مُهمَلةٌ والمطلوب:

1) احسبْ ذاتيةَ الوشيعة.

2) إذا كان نصفُ قطرِ اللّفة الواحدة $4\ cm$ فاحسبْ عددَ لفّاتِ الوشيعة.

3) نمرّرُ في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً تزدادُ شدّته بانتظامٍ من الصّفر إلى $10\ A$ خلال $0.5\ S$ احسب القوة المُحرّكة الكهربائيّة المُتولّدة داخل الوشيعة مُحدّداً جهةَ التّيار المُتحرّض.

4) احسب الطّاقة الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة.

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

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

وسطحُ الوشيعة 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:

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

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

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

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

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

بالتالي $\vec{B}$ مُحرِض، $\vec{B}'$ مُتحرِض على حاملٍ واحدٍ وبجهتَين مُتعاكِستَين.

4) $E_L = \frac{1}{2} L I^2$

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

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابةَ الصَّحيحة في كلٍّ ممّا يأتي:

1) وشيعةٌ طولُها $\ell = 10\ cm$ وطولُ سلكِها $\ell' = 10\ m$ فقيمةُ ذاتيّتِها:

a) $10^{-4} H$ b) $10^{-6} H$

c) $10^{-8} H$ d) $10^{-7} H$

الإجابة الصحيحة: a) $L = 10^{-4} H$

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

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

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

2) في تجربةِ السّكّتَين التّحريضيّة حيثُ الدّارة مُغلَقة تكونُ القيمةُ المُطلَقة لشدّةِ التّيار المُتحرِّض:

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

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

ثانياً: ماذا تتوقّعُ أن يحدُثَ في كلٍّ من الحالاتِ الآتيةِ مُعلِّلاً إجابتِكَ:

1) في تجربةِ السّكّتَين التّحريضيّة حيثُ الدّارةُ مُغلَقةٌ، نزيدُ سرعةَ تدحرُجِ السّاقِ على السّكّتَين.

الحدث: تزداد شدة التيار المتحرض.

التعليل: لأن شدة التيار المتحرض تتناسب طرداً مع سرعة التدحرج v $i = \frac{BLv}{R} = const$

2) تقريبُ القطبِ الشّمالي لمغناطيس من أحدِ وجهَي وشيعةٍ يتّصلُ طرفاها بعضِهما البعض.

الحدث: يتولد تيار متحرض في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجها شماليا.

التعليل: تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المغناطيسي المُحرض الذي يجتاز حلقات الوشيعة فحسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض بحيث تنتج أفعالا تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه لهذا فالوجه الشمالي يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع عملية التقريب.

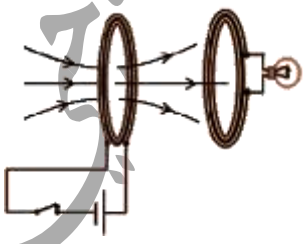
3) تقريبُ القطبِ الشّمالي لمغناطيس من أحدِ وجهَي حلقةٍ نحاسيّةٍ دارتُها مفتوحةٌ.

الحدث: يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة مساوية لفرق الكمون بين طرفي الحلقة.

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 الأسئلةِ الآتيةِ:

1) مَلفّان مُتقابلان الأوّلُ موصولٌ إلى بيلٍ كهربائيٍّ والثاني إلى مصباحٍ هل يضيء المصباحُ إذا كانَ المَلفّان ساكنين؟ في حالِ النفي ماذا نفعل ليضيءَ المِصباحُ؟ ولماذا؟



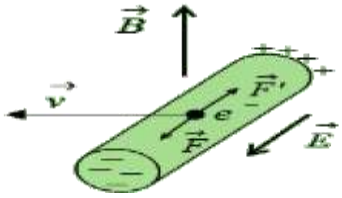
الحل: لا يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين لأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول لا يتغير من خلال الملف الثاني.

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

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

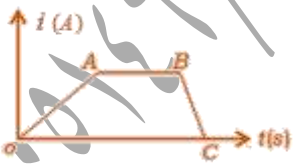
2) في تجربةِ السّاقِ المُتحرّكةِ بوجودِ الحقلِ المغناطيسيِّ المُنتظِمِ في دارةٍ مفتوحةٍ، تتراكمُ الشّحناتُ المُوجبةُ في طرفٍ والشّحناتُ السّالبةُ في طرفٍ آخرَ، ويستمرُّ التّراكمُ إلى أنْ يصلَ إلى قيمةٍ حدّيّةٍ يتوقّفُ عندَها. فسّرْ ذلك.

الحل:



إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يولّد حقلا كهربائيا $\vec{E}$ يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة يؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترون الحر بقوة كهربائية $\vec{F'}$ جهتها تعاكس جهة القوة المغناطيسية $\vec{F}$ (قوة لورنز) المؤثرة في هذا الإلكترون 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) يبيّنُ الخطُّ البيانيُّ المرسومُ جانباً تغيّراتِ تيّارِ المُولّدِ المارّ في الوشيعةِ في حادثةِ التّحريضِ الذّاتيِّ.



a) ماذا تُمثّلُ كلٌّ منَ المراحلِ: (OA, AB, BC).

b) أيُّهما أكبرُ القوّةُ المُحرّكةُ الكهربائيّةُ المُتحرّضةُ عندَ إغلاقِ أو فتحِ الدّارةِ

c) في أيِّ المراحلِ تزدادُ الطّاقةُ الكهرطيسيّةُ المُختزنةُ في الوشيعةِ؟ وفي أيِّ المراحلِ تكونُ ثابتةً؟ وفي أيِّ المراحلِ تتناقصُ الطّاقةُ الكهرطيسيّةُ المُختزنةُ في الوشيعة.

الحل: a) المرحلة OA تزايد شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح نسبيا ثم يعود لإضاءته الخافتة.

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

المرحلة BC تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة 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 $\bar{\varepsilon} = -L\frac{\bar{di}}{dt}$ تتناسب عكساً مع dt وزمن تناقص شدة التيار في المرحلة BC أصغر من زمن تزايد التيار في المرحلة $0A$ لذا تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر عند فتح الدارة.

c) تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة $0A$ وتكون الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة ثابتة في المرحلة AB وتتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في ذاتية الوشيعة في المرحلة وتتحول BC إلى طاقة كهربائية.

4) وشيعة يمرّ فيها تيار كهربائي متغير شدته i:

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

b) اكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.

c) استنتج العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية المتحرضة فيها موضحاً متى تنعدم قيمة هذه القوة.

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

b) $\Phi = \text{NBS}\cos\alpha$ لكن:

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

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

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

$$\Phi = LI$$

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

تنعدم قيمة هذه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية عند ثبات قيمة التيار.

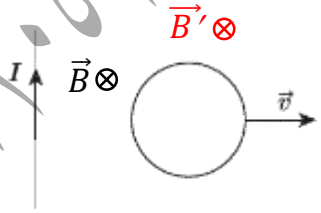
5) في الشكل المجاور ملفٌ دائري نحركه بسرعة ثابته عمودية على السلك المستقيم المطلوب:

a) حدّدْ على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار الكهربائي في السلك المستقيم عند مركز الملف الدائري.

b) حدّد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرض المتولد في الملف، وجهة التيار الكهربائي المتحرض.

c) صِفْ ما يحدث إذا أوقفنا الملف عن الحركة، معللاً إجابتك؟

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



c) إذا أوقفنا الملف الدائري عن الحركة تثبت شدة الحقل المغناطيسي المحرض وبالتالي يصبح تغير التدفق المغناطيسي المحرض معدوم فتنعدم القوة المحركة الكهربائية المتحرضة وتنعدم شدة التيار المتحرض.

رابعاً: حُلَّ المسائلَ الآتية:

المسألة الأولى: مَلفٌّ دائريٌّ، يتألَّفُ من 100 لفّةٍ مُتماثلة، نصفُ قطرهِ الوسطيِّ $4\ cm$، نصل طرفيه بمقياس أمبير موصولاً على التَّسلسل معَ مقاومةٍ أوميةٍ قيمتُها 20Ω، نقرّبُ من أحدِ وجهَي المَلفِّ القطبَ الشّمالي لمغناطيسٍ مُستقيمٍ، فتزدادُ شدَّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الذي يخترقُ لفّاتِ المَلفِّ الدّائريِّ بانتظامٍ من الصّفرِ إلى $0.08T$ خلال $2S$ والمطلوب:

1) احسبْ قيمةَ القوّةِ المحرّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرّضةِ المُتولّدةِ في المَلفِّ الدّائريِّ مُحدّداً جهةَ التّيارِ الكهربائيِّ المُتحرّض.

2) ما نوعُ الوجهِ المُقابلِ للقطبِ الشّمالي؟

3) احسبْ شدّةَ التّيارِ المارّةِ في المَلفِّ.

4) احسبِ الاستطاعةَ الكهربائيّةَ المُتولّدةَ عنِ المَلفِّ الدّائريِّ ثمَّ الاستطاعةَ الحراريّةَ المصروفةَ في المُقاومةِ الأوميةِ وماذا تستنتجُ.

الحل: 1)

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\Phi}}{\Delta t}$$

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

$$\varepsilon = -\frac{100\times(0.08-0)\times 16\pi\times10^{-4}\times 1}{2}$$

$$\varepsilon = -2\times10^{-2}V$$

بما أنّ $\bar{\varepsilon}<0$ وحسب لنز $\vec{B}$ مُحرض، $\overrightarrow{B'}$ مُتحرض بجهتين متعاكستين أي Φ مُحرض يعاكس Φ' مُتحرض.

2) الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي.

3) $$i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{2\times10^{-2}}{20} = -10^{-3}A$$

4) $$P = \varepsilon i = -2\times10^{-2}\times -10^{-3}$$

$$P = 2\times10^{-5}\ Watt$$

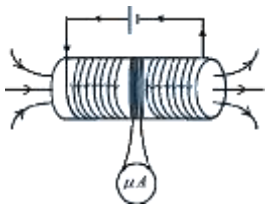
$$P' = Ri^2 = 20\times10^{-6} = 2\times10^{-5}\ Watt$$

أي أنّ الاستطاعة الكهربائية تحولت إلى استطاعة حرارية.

المسألة الثّانية: 1) لدينا وشيعةٌ، طولُها $30cm$، ، قطرُها $4\ cm$، تحوي 1200 لفة، نمرّرُ فيها تيّاراً شدّتُه $4A$ احسب شدة الحقلِ المغناطيسيِّ في مركزِ الوشيعة.

2) نلفُّ حولَ القسمِ المتوسطِ من الوشيعةِ مَلفّاً يحوي 100 لفةٍ معزولةٍ، ونصلُ طرفيه بمقياسٍ غلفانيٍّ، بحيثُ تكونُ المُقاومةُ الكلّيّةُ للدّارةِ الجديدةِ 16Ω علل نشوء التيار المتحرض في الملف الدائري وما دلالةُ المقياسِ عندَ قطعِ التّيارِ عنِ الوشيعةِ خلال $0.5\ S$ تكونُ المُقاومةُ الكلّيّةُ للدّارةِ الجديدةِ تتناقصُ فيها الشّدّةُ بانتظام؟

الحل:



1)

$$B = 4\pi\times10^{-7}\frac{N}{\ell}I$$

$$B = 12.5\times10^{-7}\frac{1200}{30\times10^{-2}}\times 4$$

$$B = 2\times10^{-2}\ T$$

2) تلعب الوشيعة دور جملة محرّضة والملف جملة متحرّضة وعند قطع التيار عن الوشيعة يتناقص التدفق المغناطيسي المحرّض الناتج عن الوشيعة الذي يجتاز الملف وهذا يؤدي حسب قانون فاراداي إلى نشوء تيار متحرّض في الملف.

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

$$i = -\frac{100\,(0-2\times10^{-2})\,\pi(2\times10^{-2})^2\times 1}{16\times 0.5}$$

$$i = \frac{8\pi\times10^{-4}}{8} = \pi\times10^{-4}\ A$$

المسألة الثّالثة: في تجربةِ السّكّتين الكهرطيسيّة يبلغُ طولُ السّاقِ النّحاسيّةِ المُستندةِ عموديّاً عليهما $30\ cm$ وكتلتُها $60g$ والمطلوب:

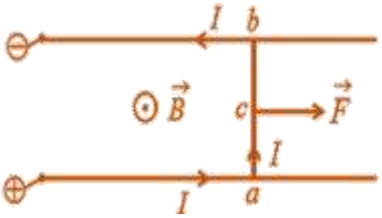
1) احسبْ شدةَ الحقلِ المغناطيسيّ المُنتظمِ المُؤثّرةِ عموديّاً في السّكّتين لتكونَ شدةُ القوّةِ الكهرطيسيّةِ مُساويةً مِثلَي ثقلِ السّاقِ وذلكَ عندَ إمرارِ تيّارٍ كهربائيّ شدتُه $20A$.

2) احسبْ عملَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثّرةِ في السّاقِ إذا تدحرجَت بسرعةٍ ثابتةٍ قدرُها $0.4\ m.s^{-1}$ لمدةِ ثانيتين .

3) نرفعُ المولّدَ من الدّارةِ السّابقةِ، ونستبدلُه بمقياسٍ غلفانيّ، وندحرجُ السّاقَ بسرعةٍ وسطيّةٍ ثابتةٍ $5m.s^{-1}$ ضمنَ الحقلِ السّابقِ استنتجْ عبارةَ القوّةِ المُحرّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرّضةِ ثمّ احسبْ قيمتَها ثم احسبْ شدّةَ التّيّارِ المُتحرّضِ بافتراضِ أنّ المُقاومةَ الكلّيّةَ للدّارةِ ثابتةٌ وتساوي 5Ω ثم ارسمْ شكلاً توضيحياً يبينُ جهةَ كلٍّ من $(\vec{v},\vec{B})$ وجهةَ التّيّارِ المُتحرّضِ.

4) احسبِ الاستطاعةَ الكهربائيّةَ النّاتجةَ، ثمّ احسبِ شدّةَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثّرةِ في السّاقِ في أثناءِ تدحرجِها .

الحل: 1)



$$F = 2W = 2mg$$

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

$$F = 1.2\ N$$

$$F = ILB \sin\theta$$

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

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

2) طريقة(1): $W = F\Delta x = F v t$

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

طريقة(2): $W = I\,\Delta\Phi$

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

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

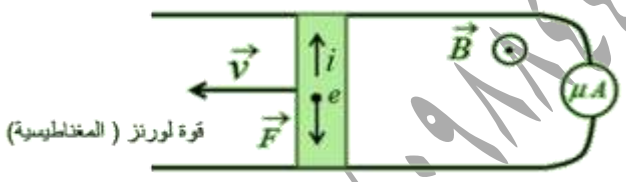
$$W = 0.96\ J$$

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

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

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

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



4) $$P = \varepsilon i$$

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

$$F = I\,L\,B\,\sin\theta$$

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

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

المسألة الرابعة: سكّتانِ نحاسيّتانِ متوازيتانِ، تميلُ كلٌّ منهما على الأفقِ بزاويةٍ 45^0، تستندُ إليهما ساقٌ نحاسيّةٌ طولُها $\ell = 40\ cm$ ، تخضعُ بكاملِها لتأثيرِ حقلٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ

شاقولي شدّته $0.8\ T$ نُغلقُ الدّارة، ثمّ نترُكُ لتنزلقَ دونَ احتكاكٍ بسرعةٍ ثابتةٍ، قيمتُها $2m.s^{-1}$ والمطلوب:

1) بيّن أنّه تنشأ قوّةٌ كهرطيسيّة تعيقُ حركةَ السّاق.

2) استنتج العلاقةَ المُحدّدةَ للمُقاومةِ الكليّة للدّارة ثمّ احسبْ قيمتَها إذا كانت شدّةُ التيّار المُتحرّض المُتولد فيها $\sqrt{2}A$.

3) استنتج العلاقةَ المُحدّدةَ لكتلة السّاق، ثمّ احسب قيمتَها.

الحل: 1) عند تحريك الساق بسرعة ثابتة، عمودي على خطوط الحقل المغناطيسي فإنّ كل إلكترون حرّ في الساق سيتحرك بهذه السرعة وسطياً، ومع خضوعه لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنّه يخضع لتأثير القوة المغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$ وبتأثير هذه القوّة تتحرك الإلكترونات الحرّة عبر الدارة فيتولّد تيار كهربائي متحرّض ينتج أفعالا تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه فتنشأ قوة كهرطيسية معاكسة لجهة حركة الساق.

2) عند حركة الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ خلال الفاصل الزمني Δt تنتقل مسافة $\Delta x = v\,\Delta t$ فتتغير مساحة السطح الذي تخترقه خطوط الحقل المغناطيسي بالمقدار:

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

فيتغيّر التدفّق المغناطيسي الذي يجتاز الدارة بمقدار:

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

فتتولّد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة قيمتها المطلقة:

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

فيتولّد تيار كهربائي متحرّض:

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

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

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

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

3) جملة المقارنة: خارجية.

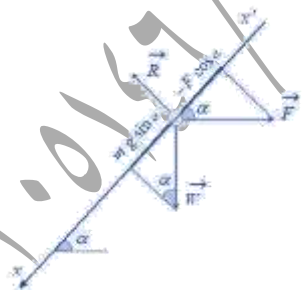
الجملة المدروسة: الساق المتوازنة.

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الساق ـ $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية ـ $\vec{R}$ رد فعل السكتين.

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

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

بالإسقاط على $\overrightarrow{xx'}$ يوازي السكتين:



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

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

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

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

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

المسألة الخامسة: إطارٌ مربعُ الشكلِ طولُ ضلعِه $4cm$، مؤلفٌ من 100 لفةٍ مُتماثلة من سلكٍ نحاسيٍّ معزول، نديرُ الإطارَ حولَ محورٍ شاقوليٍّ مارٍّ من مركزِه ومن ضلعَين أفقيَّين مُتقابلين بحركةٍ دائريّةٍ مُنتظمةٍ تقابل $\frac{10}{\pi}\,Hz$ ضمنَ حقلٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ أفقيٍّ شدتُه $5\times10^{-2}T$ خطوطُه ناظميّة على سطحِ الإطارِ قبلَ الدّوران حيثُ الدّارة مُغلقة ومُقاومتُها $R=4\Omega$ والمطلوب:

1) اكتبِ التّابعَ الزمنيَّ للقوّةِ المُحرّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرّضةِ الآنيّةِ النّاشئةِ في الإطار.

2) عيّنِ اللّحظتَين الأولى والثّانية التي تكونُ فيها قيمةُ القوّةِ المُحرّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرّضةِ الآنيةِ الناشئةِ معدومةً.

3) اكتبِ التّابعَ الزمنيَّ للتيارِ الكهربائيِّ المُتحرّضِ اللّحظيِّ المارِّ في الإطار. (نهملُ تأثيرَ الحقلِ المغناطيسيِّ الأرضيِّ)

الحل: 1)

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

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

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

$$\varepsilon_{max}=100\times5\times10^{-2}\times16\times10^{-4}\times20$$

$$\varepsilon_{max}=16\times10^{-2}\,V$$

$$\bar{\varepsilon}=16\times10^{-2}\sin20t$$

2)

$$\bar{\varepsilon}=16\times10^{-2}\sin20t=0$$

$$\sin20t=0$$

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

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

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

3)

$$i=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}=\frac{16\times10^{-2}\times\sin20t}{4}$$

$$i=4\times10^{-2}\sin20t$$

التفكير الناقد: تعطى القوة المحرّكة الكهربائيّة المتحرّضة الذّاتية بالعلاقة $\varepsilon=-L\frac{di}{dt}$ ناقش العلاقة عندما:

1) عندما تزداد شدّة التّيار المحرّض المارّ في الوشيعة.

2) عندما تتناقص شدّة التّيار المحرّض المار في الوشيعة.

الجواب: 1) عندما تزداد شدة التيار المحرض المار في الوشيعة تزداد الحقل المغناطيسي المحرض المولد من قبل الوشيعة ذاتها فيزداد التدفق المغناطيسي المحرّض وتصبح القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أصغر من الصفر ويكون $\vec{B}$ محرض و$\vec{B}'$ متحرض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين.

2) عندما تتناقص شدة التيار المحرض المار في الوشيعة تتناقص الحقل المغناطيسي المحرض المولد من قبل الوشيعة ذاتها فيتناقص التدفق المغناطيسي المحرّض وتصبح القوة المحركة الكهربائية المتحرضة 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