الحقل المغناطيسي:

السؤال الأول:

علل تكاثفُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيِّ ضمنَ نواةِ حديديّ موضوعة في حقل مغناطيسي ثم عرف عامل النفاذية المغناطيسي واكتب العلاقة المعبرة عنه وبماذا يتعلق.

الحل تتمغنطُ نواةُ الحديدِ، ويتولّدُ منها حقاً مغناطيسيّاً $\overrightarrow{B'}$ إضافيّاً يُضافُ إلى الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ الممغنط $\vec{B}$ فيشكّلُ حقاً مغناطيسيّاً كليّاً $\overrightarrow{B_t}$.

ويعرف عامل النفاذية المغناطيسي بالنسبةَ بينَ قيمةِ الحقلِ الكلّيّ $\overrightarrow{B_t}$ بوجودِ النواةِ الحديديّة بينَ قطبَي المغناطيسِ إلى قيمةِ الحقلِ المغناطيسيِّ الأصليِّ $\vec{B}$ أي:

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

μ:عاملُ النفاذية المغناطيسيّ لا واحدةَ قياسٍ له.

B_t:شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الكليِّ، وتقدّرُ شدّتُهُ في الجملة الدوليّة بواحدة التسلا (T)

B:شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الأصليِّ الممغنط، وتقدّرُ شدّتُهُ في الجملة الدوليّة بواحدة التسلا T .

يتعلّقُ عاملُ النفاذية المغناطيسيِّ بعاملين، هما:

a . طبيعةُ المادّةِ من حيثُ قابليّتُها للمغنطة.

b . شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الممغنط $\vec{B}$

السؤال الثاني:

يمكن تحليل الحقل المغناطيسي الأرضي إلى مركبتين ما هما وما قيمة كل منهما.
وكم تصبح هذه القيمة عند خط الاستواء حيث زاوية الميل معدومة. وفي أحد القطبين الجغرافيين
ما هو منشأَ المغناطيسيّةِ الأرضيّةِ

الحل يمكنُ تحليلُ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ الأرضي إلى مركبتين:

مركبةٍ أفقيّةٍ $\overrightarrow{B_H}$ شدّتُها: $B_H = B\cos i$

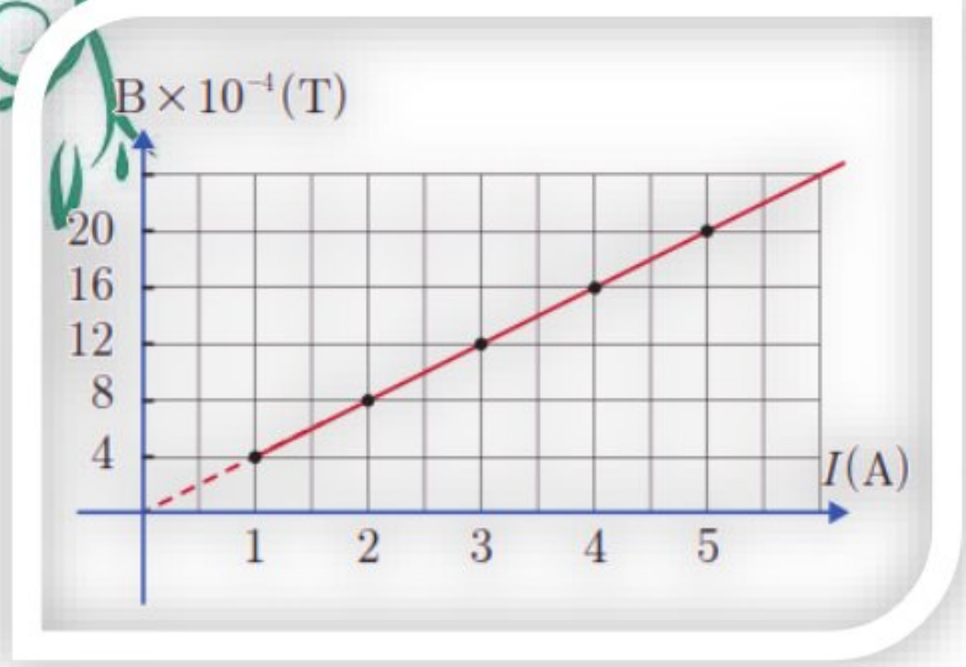
مركبةٍ شاقوليّةٍ $\overrightarrow{B_v}$ شدّتُها: $B_v = B\sin i$

عند خط الاستواء تكون زاوية الميل معدومة وبالتالي $B_H = B$ و $B_v = 0$ بينما في أحد القطبين الجغرافيين تكون زاوية الميل $90°$ وبالتالي $B_v = B$ و $B_H = 0$

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

Scanned with CamScanner

السؤال الثالث:



يبين المخطط المرسوم جانباً شدة الحقل المغناطيسي بشدة التيار والمطلوب:

وباعتبار k هو ميل المستقيم

1. اكتب العلاقة المعبرة عن الحقل المغناطيسي بدلالة شدة التيار والميل.
2. بماذا تتعلق قيمة هذا الميل.
3. كيف تصبح العلاقة المعبرة عن شدة الحقل المغناطيسي.

الحل

1

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

2 يتعلق الثابت k بعاملين

- الطبيعة الهندسية للدارة : شكل الدارة وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة k'
- عامل النفاذية المغناطيسي μ_0 وقيمته في الخلاء $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m.A^{-1}$

3

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

B شدة الحقل المغناطيسي (T)

I شدة التيار (A)

k' ثابت يتعلق بالطبيعة الهندسية للدارة

Scanned with CamScanner

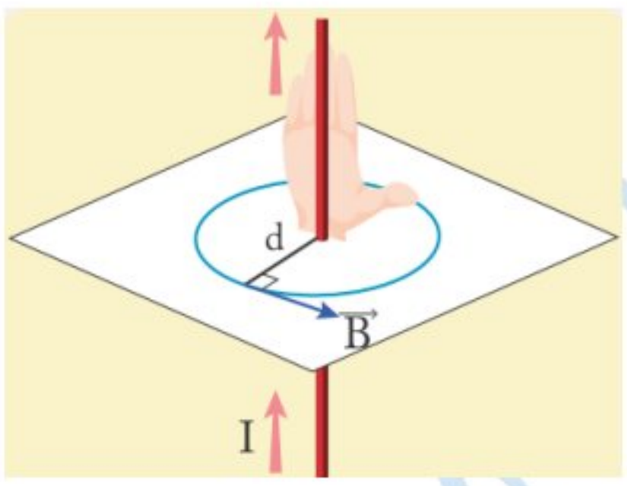
السؤال الرابع:

1. اكتب عناصر الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم في نقطة a تبعد عنه مسافة d.
2. اكتب عناصر الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار دائري في مركز الملف.
3. اكتب عناصر الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار حلزوني وشعية في محور الوشيعة.

الحل

1

- **الحاملُ :** عموديٌّ على المُستوي المعيّن بالسلك والنقطةِ المعتبرة .
- **الجهةُ :** تحدّدُ عملياً بوساطةِ إبرةٍ مغناطيسيّةٍ صغيرةٍ نضعُها في النقطة المعتبرة، وتكون جهةُ شعاعِ الحقل $\vec{B}$ من جهة محور الإبرة $\overrightarrow{SN}$ بعد أنْ تستقرَّ.



أمّا نظريّاً فإنّها تُحدَّدُ بقاعدةِ اليد اليمنى:الساعد يوازي السلك.

يدخلُ التيّارُ من الساعدِ، ويخرجُ من نهايات الأصابع.

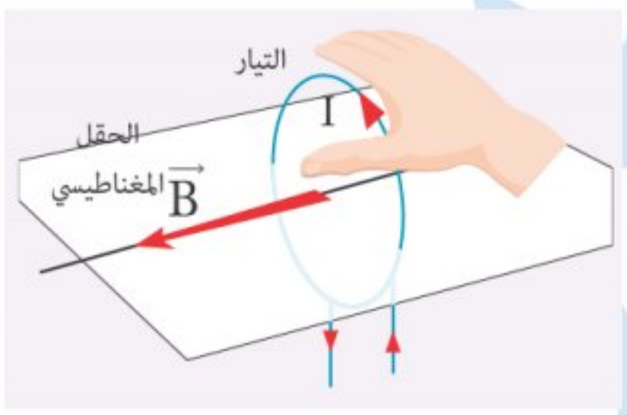
نوجّهُ باطنَ الكفِّ نحو النقطة المدروسة.

يشيرُ إبهامُ اليدِ اليمنى إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ.

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

2

- **الحامل :** العمودُ على مُستوي الملفّ.
- **الجهة :** عملياً من القطبِ الجنوبيّ إلى القطبِ الشماليِّ لإبرةٍ مغناطيسيّةٍ نضعُها عندَ مركزِ الملفِّ الدائريِّ بعدَ استقرارِها .

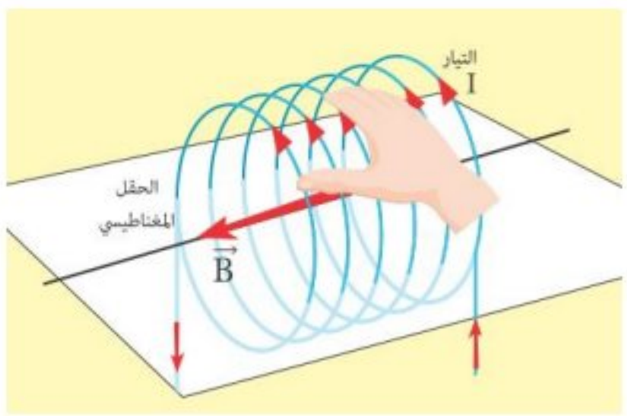


نظريّاً حسبَ قاعدةِ اليدِ اليُمنى :نضعُها فوقَ الملفِّ حيثُ يدخلُ التيّارُ من الساعدِ، ويخرجُ من أطرافِ الأصابعِ، ويتّجهُ باطنُ الكفِّ نحوَ مركزِ الملفِّ، فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ

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

3

- **الحاملُ :** محورُ الوشيعةِ .
- **الجهةُ :** عملياً 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** $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{l} I$

Scanned with CamScanner

السؤال الخامس:

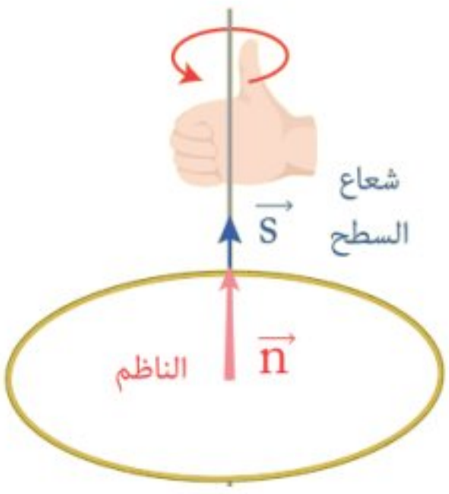
اكتب العلاقة المعبرة عن شعاع السطح موضحاً ذلك بالرسم.

ثم اكتب العلاقة الرياضية للتدفق المغناطيسي مبيناً متى يكون التدفق أعظمي.

(a) أعظمي

(b) معدوم

الحل



- **نعرّفُ شعاعَ السّطح $\vec{s}$ بالعلاقة:**

$$\vec{s} = s\vec{n}$$

- **نعرّفُ التدفّقَ المغناطيسيَّ $\overline{\Phi}$ الذي يجتازُ دارةً كهربائيّةً مُستويةً في الخلاءِ بالعلاقة:**

$$\overline{\Phi} = \vec{B}.\vec{s}$$

$$\overline{\Phi} = Bs\cos\alpha$$

ومن أجلِ دارةٍ تحوي N لفّة تصبحُ العلاقةُ:

$$\overline{\Phi} = NBs\cos\alpha$$

$\overline{\Phi}$: التدفّقُ المغناطيسيُّ، يقدّرُ بواحدة $Weber$

B: شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ الذي يجتازُ الدارةَ، يقدّرُ بواحدةِ التسلا (T)

α:هي الزاويةُ الكائنةُ بينَ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيِّ $\vec{B}$ والناظمِ على السطح $\hat{\alpha} = \left(\widehat{\vec{B},\vec{n}}\right)$.

يكون التدفق

(a) أعظمي عندما تكون $\hat{\alpha} = 0, \pi$

(b) معدوم عندما تكون $\hat{\alpha} = \frac{\pi}{2}$

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

السؤال السادس :

علل نشوء المغناطيسية :

الحل

- **إنّ دورانَ الإلكترونِ حولَ محورِه يُعدُّ تيّاراً مُتناهياً في الصِّغرِ يولّدُ حقاً مغناطيسيّاً كما لو كان مغناطيساً صغيراً،**
- **إذا دارَ إلكترونان حولَ محورَيهما باتّجاهين متعاكسين يلغي أحدُهما الخصائصَ المغناطيسيّةَ للآخر،**
- **إذا انفردَ الإلكترونُ بدورانِهِ حولَ نفسِه أكسبَ الذرّةَ صفةً مغناطيسيّة.**
- **إنّ حركةَ بعضِ الشّحناتِ داخلَ النواةِ تولّدُ خَصيصةً مغناطيسيّةً صغيرةً جدّاً مقارنةً بالخصيصةِ المتوّلدةِ عن الدورانين السابقين للإلكترونات.**

السؤال السابع:

علل مغنطة قطعة الحديد عند وضعها في حقل مغناطيسي

الحل

لقد أظهرت الدراسةُ للموادّ الحديديّة العاديّة أنّها تتكوّن من ثنائيّاتِ أقطابٍ مغناطيسيّةٍ متوازيةٍ عشوائيّاً في غياب المجال المغناطيسيّ الخارجيّ بحيثُ تكونُ مُحصِّلةُ هذه الخصائصِ المغناطيسيّةِ معدومةً، ولكن إذا وُجدت قطعةُ الحديد في مجالٍ مغناطيسيٍّ خارجيٍّ تتوجّهُ ثنائيّاتُ الأقطاب المغناطيسيّة داخلَ القطعة باتّجاه المجال المغناطيسيِّ الخارجيِّ أي تكونُ أقطابُها الشماليّة المغناطيسيّة باتّجاه المجال المغناطيسيّ الخارجيّ، وتصبحُ محصّلتُها غيرَ معدومةٍ، لِذا تصبحُ قطعةُ الحديد ممغنطة

(أسئلة الاختياري الواردة في نهاية الدرس مهمة ومن الضروري فهمها بشكل دقيق.)

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

فعل الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي:

السؤال الأول:

اذكر العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية والعبارة الشعاعية لهذه القوة.

الحل

تتناسبُ القوة المغناطسية طَرداً مع:

- **مقدارِ الشُّحنة المُتحرِّكة q.**
- **شدّةِ الحقل المغناطيسيّ المُؤثِّرة B.**
- **سرعةِ الشُّحنة v**
- **$\sin\theta$ حيثُ θ هي الزَّاوية بينَ شُعاعِ سرعة الشُّحنة، وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ $\hat{\theta} = (\vec{v}, \vec{B})$.**

وتكتب عبار شدة القوة المغناطسية بالشكل :

$$F = qvB\sin\theta$$

وتكونُ العبارةُ الشُعاعيّة للقوَّة المغناطيسيّة:

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

السؤال الثاني:

ماهي عناصرُ شُعاعِ القوَّة المغناطيسيّة:

- **نقطةُ التأثير :الشُّحنة المُتحرِّكة.**
- **الحاملُ :عموديٌّ على المُستوي المُحدَّد بشُعاعِ السّرعة وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ.**
- **الجهةُ :تُحدَّدُ بقاعدةِ اليد اليُمنى وفق الآتي:**
  - **نجعلُ السّاعدَ يوازي شُعاعَ سرعةِ الشُّحنةِ المُتحرِّكة.**
  - **الأصابعُ بعكسِ جهةِ شُعاعِ السُّرعة للشَّحنات السَّالبة، وبجهةِ شُعاعِ السُّرعة للشَّحنات المُوجِبة.**
  - **يخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ. فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوَّة المغناطيسيّة.**
- **الشِّدَّة: $F = qvB\sin\theta$**

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

السؤال الثالث:

استنتج العلاقة المحددة لنصف قطر المسار الدائري لإلكترون يتحرك في منطقة يسودها حقل مغناطيسي بحيث $\vec{v} \perp B$ ثم أوجد دور حركته

الحل

يخضعُ الإلكترونُ لتأثيرِ القوَّة المغناطيسيّة فقط بإهمالِ قوّةِ ثقله:

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

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

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

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

وبحسبِ خواصِّ الجداءِ الشُعاعيّ فإن $\vec{a} \perp \vec{v}$ ، وبالتّالي الحركةُ دائريّةٌ مُنتظَمة

$$F = F_c \Longrightarrow evB = m_e a_c$$

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

حيث m_e كتلةُ الإلكترون، وv سرعةُ الإلكترون، و e القيمةُ المُطلَقة لشحنةِ الإلكترون .و B شدّة شُعاع الحقل المغناطيسيّ ويكون دورُ حركةِ الإلكترون

$$T = \frac{2\pi r}{v} \Longrightarrow T = \frac{2\pi m_e}{eB}$$

السؤال الرابع:

استنتج عبارة شدة القوة الكهرطيسية واكتب العبارة الشعاعية لها.

الحل

تعطى عبارة شدة القوة المغناطيسية بالعلاقة $F = evB \sin\theta$ ومن أجل عدد من الإلكترونات N تصبح شدة القوة المغناطيسية $F = NevB \sin\theta$

ولكن $v = \frac{L}{\Delta t}$ حيث L هو طول السلك الخاضع للحقل المغناطيسي وباعتبار $q = Ne$ نكتب

$$F = q\frac{L}{\Delta t} B \sin\theta = \frac{q}{\Delta t} LB \sin\theta$$

ولكن $I = \frac{q}{\Delta t}$

$$\Longrightarrow F = ILB \sin\theta$$

والعبارة الشعاعية لها $\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}$

Scanned with CamScanner

السؤال الخامس:

دولاب بارلو يدور بتأثير القوة الكهرطيسية.

1 بين عناصر القوة الكهرطيسية المؤثرة فيه مع الرسم.

2 كيف يمكن تغيير جهة حركة الدولاب.

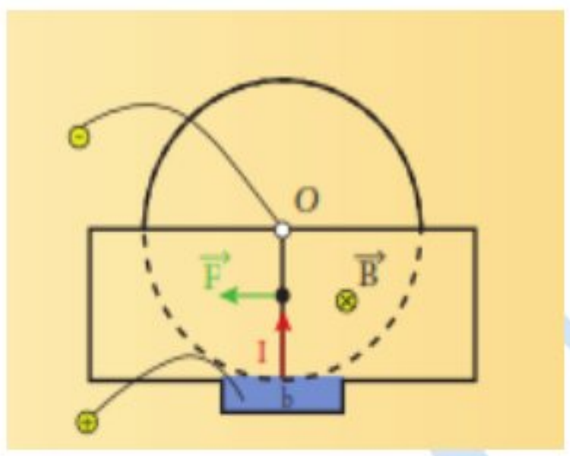
الحل

1 عناصرُ القوَّة الكهرطيسيّة التي يخضعُ لها الدّولاب:

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

1. نقطةُ التّأثير :مُنتصفُ نصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ الخاضِع للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظمَ.

2. الحاملُ :عموديٌّ على المُستوي المُحدَّد بنصفِ القطرِ الشّاقولي السّفليّ وشُعاع الحقل المغناطيسيّ المُنتظَم.



3. الجهةُ :تُحقِّقُ الأشعّةُ $\vec{F}, I\vec{r}, \vec{B}$ ثلاثيّةً مُباشَرةً وفقَ قاعدةِ اليد اليُمنى:

- **نجعلُ اليدَ اليُمنى مُنبسِطة على نصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ.**
- **يدخلُ التيّارُ من السَّاعدِ، ويخرجُ من رؤوسِ الأصابع.**
- **يخرجُ شُعاعُ الحقلِ المغناطيسيّ $\vec{B}$ من راحةِ الكفّ.**
- **يشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوَّة الكهرطيسيّة $\vec{F}$**

4. الشِّدَّة :تُعطى بالعلاقة: $F = IrB$ حيثُ: $\sin\theta = 1 \;\; \boldsymbol{\theta} = \left(I\vec{r}, \vec{B}\right) = \frac{\pi}{2} rad$

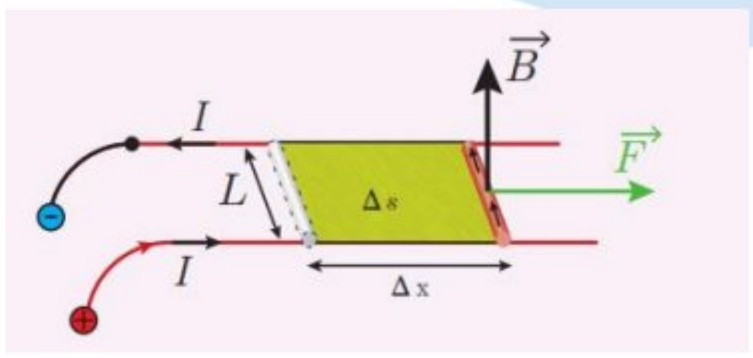
2 عندَما تنعكسُ جهةُ التيّار أو جهةُ الحقلِ

السؤال السادس:

انطلاقاً من تجربة السكتين الكهرطيسية استنتج عبارة عمل القوة الكهرطيسية واذكر نص نظرية مكسويل.

الحل

عند أغلاقُ الدَّارةَ تنتقلُ السَّاقُ الأفقيّة مُوازِيةً لنفسِها مسافةَ Δx ، فتمسحُ سطحا $\Delta s = L\Delta x$ حيثُ تنتقلُ نقطةُ تأثيرِ القوَّة الكهرطيسيّة على حاملِها وبجهتِها مسافةُ Δx فتنجزُ عملاً مُحرِّكاً (مُوجِباً) $W > 0$.



$$W = F\Delta x$$
$$W = IBL\Delta x$$
$$W = IB\Delta s$$

لكن $\Delta\Phi = B\Delta s > 0$ يمثلُ تزايدُ التّدفُّقِ المغناطيسيّ

نعوّضُ فنجدُ $W = I\Delta\Phi > 0$

نص نظرية مكسويل:عندَما تنتقلُ دارةٌ كهربائيّةٌ أو جزءٌ من دارةٍ كهربائيّةٍ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ، فإنَّ عملَ القوَّة الكهرطيسيّة المُسبِّبة لذلكَ الانتقالِ يساوي جداءَ شدّةِ التيّار المارِّ في الدّارة في تزايُد التّدفُّق المغناطيسيّ الذي يجتازُها.

Scanned with CamScanner

السؤال السابع:

عند إمرار تيار كهربائي بسلك عديم الفتل يدور ويستقر عندما تصبح خطوط الحقل المغناطيسي عمودية على مستوى الإطار.

1 فسر دوران الإطار.

2 اذكر نص قاعدة التدفق الأعظمي.

3 استنتج عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار.

4 اكتب العبارة الشعاعية للعزم المغناطيسي للدارة

الحل

1 يؤثِّرُ الحقلُ المغناطيسيّ المُنتظَم في الإطارِ بمُزدوَجة كهرطيسيّة تنشأُ عن القوّتَين الكهرطيسيّتَين المُؤثِّرتَين في الضّلعَين الشّاقوليتَين، وتعملُ على تدويرِ الإطارِ حولَ محورِ دورانِه من وضعه الأصليّ حيثُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ معدومٌ إلى وضع توازِنه المُستقرِّ حيثُ يكونُ التَّدفُّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُه أعظميًّاً.

2 إذا أثّرَ حقلٌ مغناطيسيّ في دارةٍ كهربائيّةٍ مُغلَقةٍ حرَّةِ الحركة، تحرَّكَت بحيثُ يزدادُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُها من وجهِها الجنوبيّ وتستقرُّ في وضعٍ يكونُ التَّدفُّق المغناطيسيّ أعظميّاً

3

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

d' **ذراعُ المُزدوَجة الكهرطيسيّة**

$$d' = d\sin\alpha$$

α **الزَّاويةُ الكائنةُ بينَ شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ** $\vec{B}$ **والنّاظم** $\vec{n}$ **على سطحِ الإطار**

شدّةُ القوَّة الكهرطيسيّة من أجلِ N لفّة معزولة ومُتماثِلة $F = NILB\sin\frac{\pi}{2}$

نعوض فنجد $\Gamma_\Delta = NILBd\sin\alpha$ **لكنّ** $s = Ld$ **مساحة سطحِ الإطار.**

$$\Gamma_\Delta = NIsBd\sin\alpha$$

وهي عبارةُ عزمِ المُزدوَجة الكهرطيسيّة

4

يُسمّى الجداء NIs **بالعزمِ المغناطيسيّ** M **. ويكتب بالشكل**

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

$\vec{M}$ **شُعاعُ العزمِ المغناطيسيّ ناظميّ على مُستوي الإطار، وجهتُه بجهةِ إبهامِ يدٍ يُمنى تلتفُّ أصابعُها بجهةِ التيّار(أي يخرجُ من الوجهِ الشمّالي للدّارة.)**

Scanned with CamScanner

السؤال الثامن:

انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني $\sum \Gamma_{\Delta} = 0$ استنتج العلاقة بين زاوية الإطار θ' والتيار المار في إطار المقياس الغلفاني.

الحل

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

$$\bar{\Gamma}_{\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{\eta}/\Delta} = 0 \Longrightarrow NIsB \sin\alpha - k\theta' = 0$$

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

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

وباعتبارِ θ' زاويةٌ صغيرةٌ فإنَّ $\cos\theta' \backsimeq 1$:وبالتالي تصبحُ العلاقةُ كما يأتي:

$$NIsB - k\theta' = 0 \Longrightarrow \theta' = \frac{NsB}{k} I$$

$$\theta' = GI$$

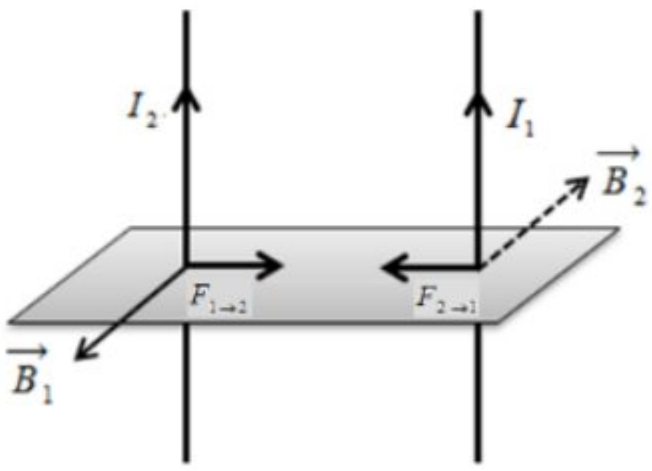
حيثُ G ثابِت المقياس الغلفانيّ يعبّرُ عن حساسيّةِ المقياسِ الغلفانيّ، حيثُ تزدادُ حساسيّةُ المقياسِ الغلفانيّ كلَّما زادَت G ، ويتمُّ ذلك عمليّاً باستبدالِ سلكِ الفتلِ بسلكٍ أرفعَ منه من المادَّة نفسِها (لتصغير ثابتِ الفتلِ k).

السؤال التاسع:

ادرس التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متواصلان لهما الجهة ذاتها، واستنتج عبارة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أحد السلكين نتيجة وجود السلك الآخر.

الحل

يولد التيار المستقيم I_1 في كل نقطة من الجزء L_2 من السلك المستقيم الثاني حقلاً مغناطيسياً شدته:



$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{1}{d} I_1$$

يؤثر هذا الحقل في الجزء L_2 بقوة كهرطيسية لها محصلة شدتها:

$$F_{1\to2} = I_2 L_2 B_1 \sin\frac{\pi}{2}$$

$$F_{1\to2} = I_2 L_2 \left(2\pi \times 10^{-7} \frac{1}{d} I_1\right) \sin\frac{\pi}{2}$$

$$F_{1\to2} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{d} L_2$$

وبدراسة مماثلة نجد: $F_{2\to1} = 2\pi \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{d} L_1$

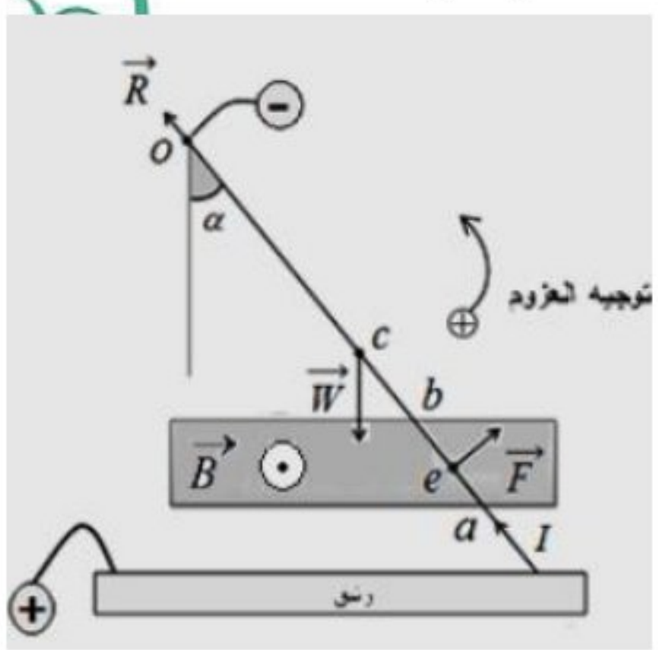
Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

السؤال العاشر:

نعلق ساق نحاسية طوله كتلتهm من طرفه العلوي شاقولياً ونغمس طرفه السفلي في حوض يحوي الزئبق. ونمرر به تيار شدته I حيث يؤثر به حقل مغناطيسي كما في الشكل المرسوم جانباً:

استنتج العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول بدلالة إحدى نسبها المثلثية.



الحل

جملة المقارنة: خارجية , الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الساق, $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية, $\vec{R}$ رد فعل محور الدوران

$\Sigma\overline{\Gamma}_{\Delta} = 0$ شرط التوازن الدوراني

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

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

$$-(oc\sin\alpha)mg + (oe)F + 0 = 0$$

$$(oc\sin\alpha)mg = (oe)ILB\sin\frac{\pi}{2}$$

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

Scanned with CamScanner

التحريض الكهرطيسي:

السؤال الأول:

عند أبعاد القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة موصولة إلى مقياس ميكرو أمبير ينحرف مؤشر المقياس دالاً على مرور تيار كهربائي:

1. **فسر مرور التيار في مقياس الميكرو أمبير.**
2. **ما نوع الوجه المقابل للمغناطيس.**
3. **اذكر نص قانون فارادي و لنز.**

الحل

1. **إنَّ إبعادَه المغناطيسِ يؤدِّي إلى تغيُّر التّدفُّق المغناطيسيّ وبالتّالي تنشأُ قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضة تسبِّبُ مرورَ التيّارِ الكهربائيّ المُتحرِّض.**
2. **شمالي**
3. **نص قانون فارادي : يتولّدُ تيّارٌ كهربائي مُتحرِّضٌ في دارةٍ مُغلَّقةٍ إذا تغيّرَ التّدفُّق المغناطيسيّ الّذي يجتازُها ويدومُ هذا التيّارُ بدوامِ تغيُّرِ التّدفُّق لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسيّ المحرّض**

نص قانون لنز : إنّ جهةَ التيّار المُتحرِّض في دارةٍ مُغلَّفة تكونُ بحيثُ يُنتِجُ أفعالاً تعاكِسُ السَّببَ الذي أدّى إلى حدوثِه.

السؤال الثاني:

ما العوامل التي تتوقف عليها القوة المحركة الكهربائية المتحرضة وما القانون الرياضي المعبر عنها.

الحل

تتناسبُ القوَّة المُحرِّكة الكهربائيّة المتحرضة ε:

- **طرداً معَ تغيّر التدفق المغناطيسيّ المُحرِّض $d\Phi$.**
- **عكساً معَ زمنِ تغيُّر التّدفُّق المغناطيسيّ المُحرِّض dt.**

نعبر عنه رياضيا بالعلاقة

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

حيثُ تنسجمُ الإشارة السّالبة معَ قانونِ لنز.

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

السؤال الثالث:

في تجربة السكتين التحريضية وعندما ندحرج الساق على السلكين نلاحظ مرور تيار كهربائي في المقياس الغلفاني.

1 علل نشوء التيار المتحرض.

2 علل نشوء القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند فتح الدارة.

الحل

1 عندَ تحريكِ السَّاق بسرعةٍ ثابتةٍ عموديّاً على خطوطِ الحقل المغناطيسيّ، فإنَّ الإلكتروناتِ الحرّةَ في السّاق ستتحرَّكُ بهذه السّرعة وسطيّاً، ومعَ خضوعِها لتأثير الحقل المغناطيسيّ المُنتظَم فإنّها تخضعُ لتأثيرِ القوَّة المغناطيسيّة: $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$ وبتأثيرِ هذه القوَّة تتحرَّكُ الإلكتروناتُ الحرّة في السَّاق وتتولّدُ قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ تحريضيّةٌ تسبّبُ مرورَ تيّارٍ كهربائيّ مُتحرِّض عبرَ الدّارة المُغلَقة، جهتُه الاصطلاحيّة بعكسِ جهةِ حركة الإلكتروناتِ الحرَّة؛ أيّ بعكسِ جهةِ القوَّةِ المغناطيسيّة.

2 عندَ تحريكِ السّاق بسرعةِ $\vec{v}$ على سكّتَين معزولتَين في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ تنشأُ القوَّة المغناطيسيَّة وبتأثيرِ هذهِ القوَّةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ الحرّةُ من أحِد طرفَي السّاق الذي يكتسبُ شحنةً مُوجِبةً، وتتراكمُ في الطَّرفِ الآخرِ الذي يكتسبُ شحنةً سالبةً فينشأُ بينَ طرفَي السّاق فرقاً في الكمونِ يمثّلُ القوَّةَ المُحرِّكةَ الكهربائيّةَ المُتحرِّضة: $\varepsilon = U_{ab}$

Scanned with CamScanner

السؤال الرابع:

ادرس نظرياً تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية في تجربة السكتين التحريضية.

الحل :

عندَ تحريكِ السَّاق بسرعةٍ ثابتةٍ $\vec{v}$ عموديّة على شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم $\vec{B}$ خلالَ فاصلٍ زمنيّ Δt، تنتقلُ السّاقُ مسافةَ: $\Delta x = v\Delta t$

يتغيّرُ السَّطحُ بمقدارِ: $\Delta s = L\Delta x = \Delta s = Lv\Delta t$

يتغيَّرُ التّدفُّقُ بمقدارِ: $\Delta \phi = B\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولّدُ قوَّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضة قيمتُها المُطلَقة:

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

وبما أنّ الدّارةَ مُغلَقةٌ يمرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ مُتحرِّضٌ شدّتُه:

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

فتكونُ الاستطاعةُ الكهربائيّة النّاتجة:

$$P = \varepsilon i = (BLv) \times \left(\frac{BLv}{R}\right) = P = \frac{B^2L^2v^2}{R}$$

ولكن عندَ تحريكِ السّاق بسرعةِ $\vec{v}$ تنشأُ قوَّةٌ كهرطيسيّةٌ، جهتُها بعكسِ جهةِ حركة السّاق المُسبِّبة لنشوء

التيّار المُتحرِّض، ولاستمرارِ تولّدِ التيّار يجبُ التغلّبُ على هذه القوَّة الكهرطيسيّة بصرف استطاعةٍ ميكانيكيّة P' .

$$P' = Fv$$

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

لكن: $i = \frac{BLv}{R}$ نعوِّضُ: $F = \frac{BLv}{R}(LB) = \frac{B^2L^2v}{R}$

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

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

وبموازنةِ العلاقتَين نجدُ أنّ: $P' = P$

وبهذا تكونُ قد تحوَّلت الطّاقة الميكانيكيّة إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ، وهو المبدأُ الذي يعتمدُ عليه الكثيرُ

من المولِّداتِ الكهربائيّة.

Scanned with CamScanner

السؤال الخامس:

ادرس نظرياً تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في المحرك.

الحل

عندَ مرورِ التيّارِ الكهربائيِّ في السَّاق الخاضِعة لتأثيرِ الحقلِ المغناطيسيِّ المُنتظَم فإنَّها تتأثَّرُ بقوَّةٍ كهرطيسيّةٍ

شدتُّها:

$$F = ILB$$

تعملُ القوَّةُ الكهرطيسيّة على تحريكِ السَّاق بسرعةٍ ثابتةٍ v ، وتكونُ الاستطاعةُ الميكانيكيّةُ الناتِجةُ:

$$P' = Fv$$

$$P' = ILBv$$

لكنْ عندَ انتقال السَّاق مسافةَ Δx ، فإنَّ التّدفُّقَ المغناطيسيّ يتغيّرُ بمقدار:

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

فتتولّدُ في الساق قوَّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضة عكسيّة تعاكِسُ مرورَ تيّار المولّد فيها بحسبِ قانونِ لنز

تُعطَى قيمتُها المُطلَقة بالعلاقةِ:

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

ولاستمرارِ مرورِ تيّارِ المولّد يجبُ تقديمُ استطاعةٍ كهربائيَّةٍ:

$$P = \varepsilon I = BLvI$$

بالموازنةِ نجدُ:

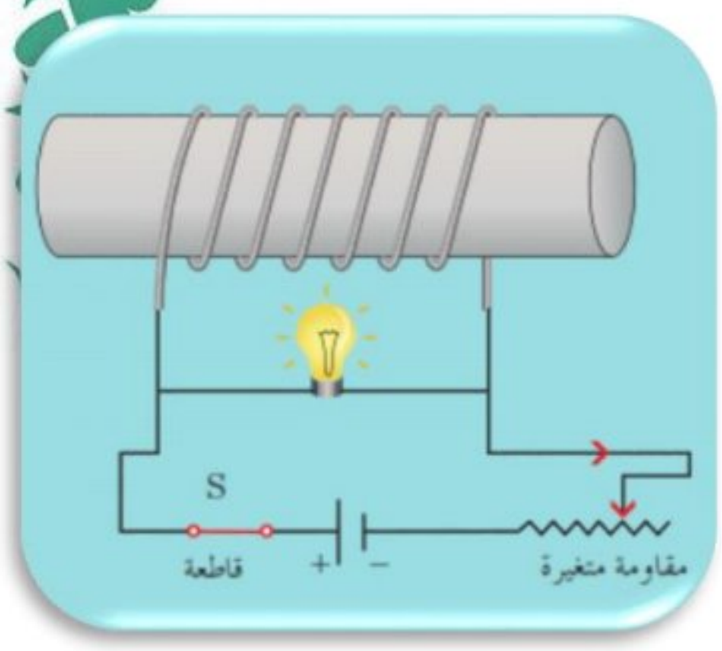
$$P' = P$$

وبهذا الشَّكلِ تتحوّلُ الطَّاقةُ الكهربائيّةُ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة.

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

السؤال السادس:



نركب الدارة المبينة بالشكل، نغلق القاطعة ونحرك الزالقة لنحصل على إضاءة خافتة.

1 افتح القاطعة. ماذا تلاحظ ولماذا؟

2 أغلق القاطعة. ماذا تلاحظ ولماذا؟

الحل

1 عندَ فتحِ القاطعةِ يتوهجُ المصباحُ بشدةٍ قبلَ أن ينطفئَ، ممَّا يدلُّ على حصولِ المصباحِ على الطّاقة من مصدرٍ آخرَ غيرِ المولّدِ؛ لأنَّ دارتَه مفتوحةٌ ولا يوجدُ في الدّارة إلا الوشيعة، ويحدثُ هذا نتيجةَ التَّحريضِ الذّاتي في الوشيعة، حيثُ أنَّ فتحَ القاطِعة يؤدّي إلى تناقُصِ شدَّةِ التيّارِ المارّ في الوشيعة، فيتناقصُ تدفُّقُ الحقلِ المغناطيسيّ المُتولِّد في الوشيعة خلالَ الوشيعةِ ذاتِها، الأمرُ الذي يولِّدُ قوَّةً كهربائيّةً مُحرِّكةً مُتحرِّضةً في الوشيعةِ أكبرَ من القوَّةِ المُحرِّكةِ الكهربائيّةِ للمولِّد، لأنَّ زمنَ تناقُصِ الشِّدَّة مُتناهِي الصغر حيثُ تكونُ قيمة $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكنُ لحظةَ فتحِ القاطعة.

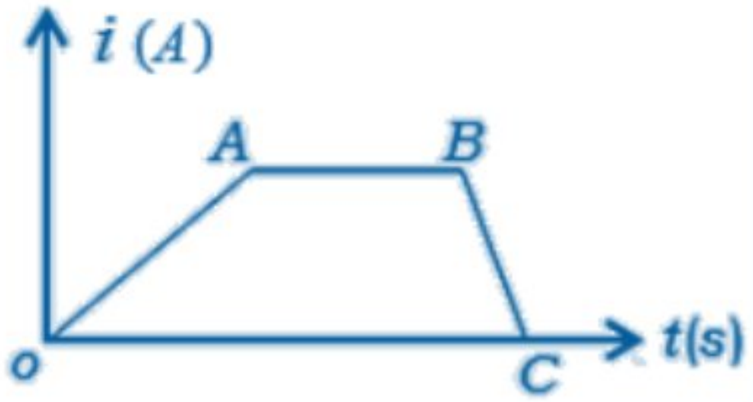
2 عندَ إغلاق القاطِعة من جديدٍ يتوهجُ المصباحُ ثمَّ يعودُ إلى ضوئِه الخافت، حيثُ تتزايدُ شدّةُ التيّار وبالتّالي يتزايدُ تدفُّقُ الحقل المغناطيسيّ المُتولِّد عن الوشيعةِ عبرَ الوشيعةِ ذاتِها، فيتولّدُ فيها قوَّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضةٌ تمنعُ مرورَ التيّار فيها، ويمرُّ التيّارُ في المصباح فقط مُسبِّباً توهُّجِه قبلَ أن تخبوَ إضاءَتُه بسببِ تناقُصِ قيمةِ $\frac{di}{dt}$ ، وازديادِ مرورِ التيّارِ تدريجيّاً في الوشيعة حتّى ثباتِ الشِّدَّةِ فتنعدمُ القوَّةُ المُحرِّكةُ الكهربائيّة المُتحرِّضة في الوشيعة.

Scanned with CamScanner

السؤال السابع:

❸ يبين الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعة في حادثة التحريض الذاتي.

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



☆ 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 فتثبت شدة إضاءة المصباح.

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

b . أيهما أكبر, القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند إغلاق الدارة أم عند فتحها.

عند فتح الدارة تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر من القوة المحركة الكهربائية عند غلق القاطعة .لأن القيمة المطلقة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة $\overline{\varepsilon} = -L\frac{\overline{di}}{dt}$ تتناسب عكساً dt وزمن تناقص شدة التيار في المرحلة BC أصغر من زمن تزايد التيار في المرحلة BC أصغر من زمن تزايد التيار في المرحلة OA لذا تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر عند فتح الدارة

c . في أي المراحل تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

☆ تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة OA

☆ تكون الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة ثابتة في المرحلة AB

☆ تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في ذاتية الوشيعة في المرحلة BC وتتحول إلى طاقة كهربائية.

Scanned with CamScanner

السؤال الثامن:

استنتج عبارة ذاتية الوشيعة ثم عبر عن علاقة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة بدلالة شدة التيار المتغير.

الحل

تُعطَى شدَّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ المتولِّدِ عن مرورِ تيّارٍ في الوشيعةِ بالعلاقةِ:

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

ويكونُ تدفُّقُ هذا الحقلُ من خلالِ الوشيعةِ ذاتِها:

$$\Phi = NsB$$

$$\Phi = Ns\left(4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{l}\right)$$

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

نلاحظُ أنّ أمثالَ شدَّةِ التيّارِ مِقدارٌ ثابتٌ يميّزُ الوشيعة، يدعَى ذاتيَّةَ الوشيعة L ، واحدةُ قياسها في الجملة

الدّوليّة هي الهنري H ، وهو ذاتيّةُ دارةٍ مُغلَقةٍ يجتازُها تدفُّقٌ مغناطيسيٌّ قدرُه ويبر واحد عندَما يمرُّ فيها تيّارٌ قدرُه أمبير واحد.

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

نعوّضُ فنجدُ:

$$\Phi = L\bar{\imath}$$

فتصبحُ علاقةُ القوَّةِ المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرِّضة الذّاتيّة بدلالةِ شدَّةِ التيّار المُتغيِّر الّذي يجتازُها:

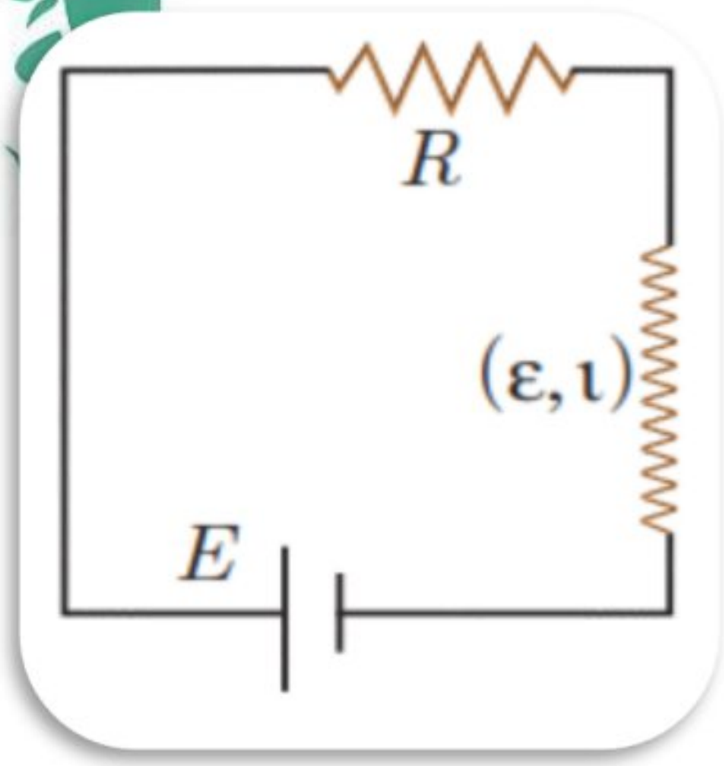
$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\mathrm{d}\bar{\Phi}}{dt} = -L\frac{d\bar{\imath}}{dt}$$

Scanned with CamScanner

السؤال الثامن:

استنتج عبارة الطاقة المختزنة في الوشيعة

الحل



نربطُ وشيعةً ذاتيتُها L ، على التَّسلسُل معَ مُقاوَمةٍ أومية R ، ومولِّدٍ قوتُه المُحرِّكة الكهربائيّة E كما في الدّارة الموضَّحة بالشَّكل:

بحسبِ قانونِ كيرشوف الثّاني:

$$\sum E = Ri$$

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

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

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

نضربُ طرفَي العلاقة ب idt ، فنجدُ:

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

إنَّ المقدارَ $Eidt$ يمثِّلُ الطّاقة الّتي يقدِّمُها المولِّد خلالَ الزَّمنِ dt ، وهذه الطّاقة تنقسمُ إلى قسمَين:

القسمُ الأوّل Ri^2dt :يمثِّلُ الطّاقة الضّائعة حراريّاً بفعلِ جولٍ في المُقاوَمة خلالَ الزّمن dt

القسمُ الثّاني $Lidi$:يمثِّلُ الطّاقةَ الكهرطيسيّةَ المُختزَنة في الوشيعةِ خلالَ الزّمنdt .

وتختزنُ الوشيعةُ طاقةً كهرطيسيّة E_L في لحظةِ t عندَما تزدادُ شدَّةُ التيّار المارة في الدّارة من الصّفر إلى قيمتها النّهائيّة I

$$\mathrm{E}_L = \int_0^I Lidi = \frac{1}{2}LI^2$$

وهي العلاقةُ المُحدَّدة للطّاقة الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة، ويمكنُ أن تُكتبَ بالشَّكل:

$$\Phi = LI$$

$$\mathrm{L} = \frac{\Phi}{I}$$

$$\mathrm{E}_L = \frac{1}{2}\Phi I$$

Scanned with CamScanner

السؤال التاسع :

يبين الشكل المرسوم جانبا مولِّدُ التيّارِ المُتناوِب الجيبيّ استنتجَ العلاقة المُحدِّدة للقوَّةِ المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرِّضة وارسم تغيُّراتِ ε بدلالةِ t

الحل

بفرضِ أنّه في لحظةٍ ما أثناءَ الدَّوران كانّ النّاظم على مُستوي الإطارِ يصنعُ معَ شعاع الحقلِ المغناطيسيّ $\vec{B}$ زاويةً قدرُها α فيكونُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ Φ الذي يجتازُ سطحَ الإطار :

$$\bar{\Phi} = NBs\,cosa$$

إذا كانّت السّرعةُ الزَّاويةُ لدورانِ الإطارِ ω ثابتةً، فإنَّ الزَّاويةَ $\bar{\alpha}$ التي يدورُها المَلفُّ في زمنٍ قدرُه t

$$\bar{\alpha} = \bar{\omega}t$$

نعوِّضُ فنجدُ: $\bar{\Phi} = NBs\,cos\omega t$

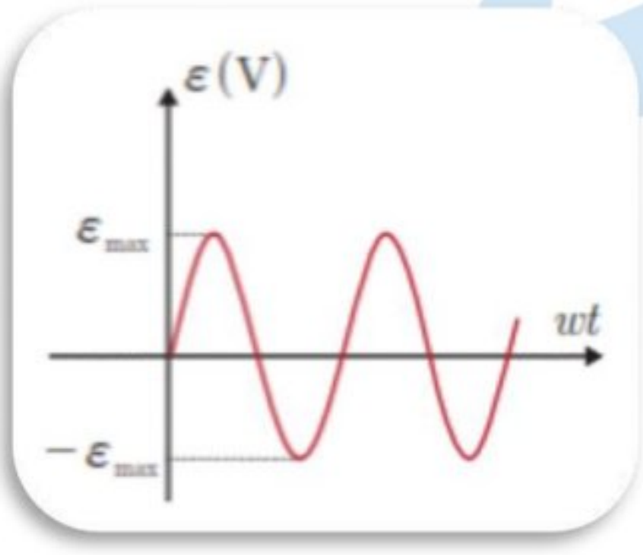
وتكونُ القوَّةُ المُحرِّكةُ الكهربائيّةُ المُتحرِّضة : $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\Phi}{dt} = NBs\omega\,sin\omega t$

تكونُ ε عُظمَى عندما $sin\omega t = 1$ **:**

$$\varepsilon_{max} = NBs\omega$$

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

وبذلك نحصلُ على التيّارِ المُتناوِب الجيبي نظراً لأنَّ القوَّةَ المُحرِّكةَ الكهربائيّةَ المُتحرِّضة ε مُتناوِبةٌ جيبيّةٌ.



عندَ رسمِ تغيُّراتِ ε بدلالةِ t نحصلُ على المُنحني البيانيّ الآتي :

Marwan Bajjou
Scanned with CamScanner