فعلُ الحقلِ المغناطيسيّ في التيّارِ الكهربائي

القوّة المغناطيسيّة: (قوة لورنز المغناطيسية)

- يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ في الجُسيمات المشحونة المُتحرّكة ضمنَ 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: $F = qvB\sin\theta$

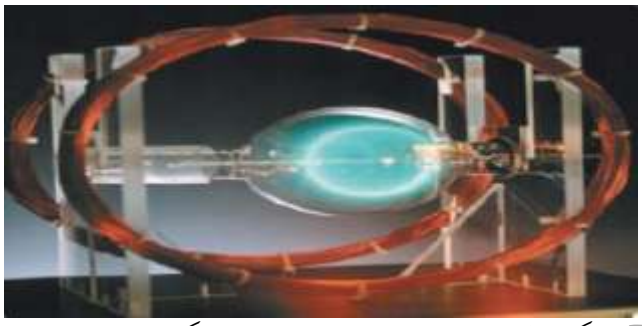
وتكونُ العبارةُ الشُعاعيّة للقوّة المغناطيسيّة:

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

عناصرُ شُعاعِ القوّة المغناطيسيّة:

1) نقطةُ التأثير: الشّحنة المُتحرّكة.
2) الحاملُ: عموديٌّ على المستوي 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.

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

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 مُنتظَمة:

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

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.

0947205146 0988440574

بحث فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

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 الشّعاعيّة للقوّة الكهرطيسيّة بالشّكل:

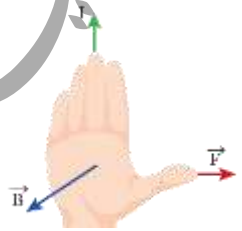
$$\vec{F} = I\vec{L} \Lambda \vec{B}$$

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.

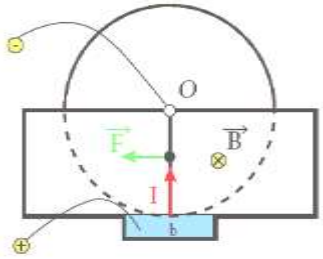
3) الجهةُ: تحقّقُ الأشعّة $(\vec{F}, \vec{IL}, \vec{B})$ ثلاثيّةً مُباشرةً وفق قاعدةِ اليدِ اليُمنى.



نجعلُ اليدَ مُنبسِطةً على النّاقل بحيثُ يدخل التيّارُ من السّاعد ويخرجُ من رؤوس الأصابع ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ فيشيرُ الإبهامُ إلى جهة 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 مُنبسِطةً 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: $F = IrB\sin\theta$

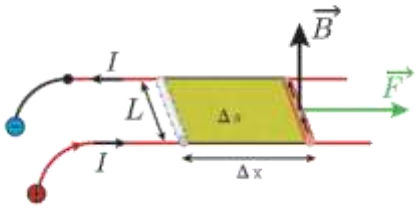
حيثُ: $\theta = (\vec{Ir} \Lambda \vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad \Rightarrow \sin\theta = 1$

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.

0947205146 0988440574



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

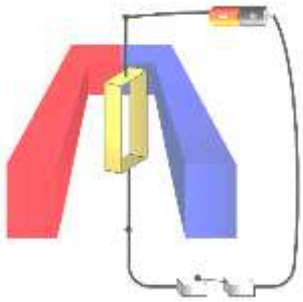
لكن: $\Delta\Phi = B\Delta S > 0$ يمثّل تزايدُ التّدفّقِ المغناطيسيّ

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).

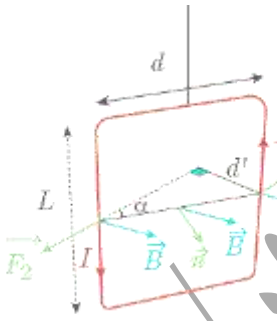
أفسّرُ سببَ دورانِ الإطار:

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 الحركةِ تحرّكَت بحيثُ يزدادُ التّدفّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُها من وجهِها الجنوبيّ وتستقرُّ في وضعٍ يكونُ التّدفّقُ المغناطيسيّ أعظميّاً.

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



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

d': طول ذراعُ المُزدوَجةِ 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 المزدوَجةِ الكهرطيسيّة.

ملاحظة: يُسمّى الجداء NIS بالعزم المغناطيسي M.

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

وبالتالي علاقة عزم المزدوجة الكهرطيسيّة شُعاعياً بالشّكل:

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

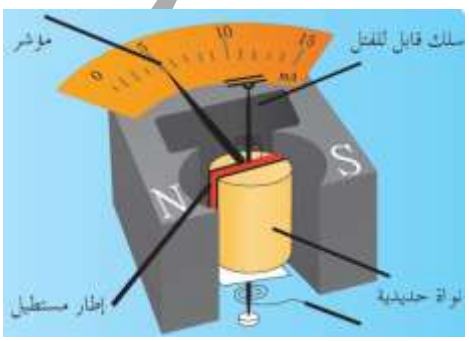
$\vec{M}$ شُعاعُ العزمِ المغناطيسيّ ناظميّ على مُستوي الإطار، وجهتُه بجهة إبهام يدٍ يُمنى تلفُّ أصابعُها بجهة التيّار.

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

المقياسُ الغلفانيّ ذو الإطارِ المُتحرّك:

هو جهازٌ يُستخدَمُ لقياس التيّاراتِ الكهربائيّة صغيرةِ 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 قطبي مغناطيسٍ نضويٍّ محيطاً بنواةٍ أسطوانيّةٍ من الحديدِ اللين، بحيثُ يكونُ مُستوي الإطار يوازي الخطوطَ الأفقيّة للحقلِ المغناطيسيّ للمغناطيس قبل إمرار التيّار.

مبدأ عمله: عندما يمرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ في الإطار فإنّه يدورُ بزاويةٍ صغيرةٍ θ' فيشيرُ مؤشّرُ المقياس إلى قراءةٍ مُعيّنة 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 حساسيّةِ المقياسِ الغلفانيّ ويقاس بـ $rad.S^{-1}$ وتزدادُ حساسيّة المقياس الغلفانيّ كلّما زادَت قيمة G ويتمُّ ذلك عمليّاً باستبدال سلكِ الفتلِ بسلكٍ أرفعَ منه من المادّة نفسِها (لتصغير ثابتِ الفتل k).

جهازُ المقياسِ مُتعدِّد الأغراض (آفومتر):

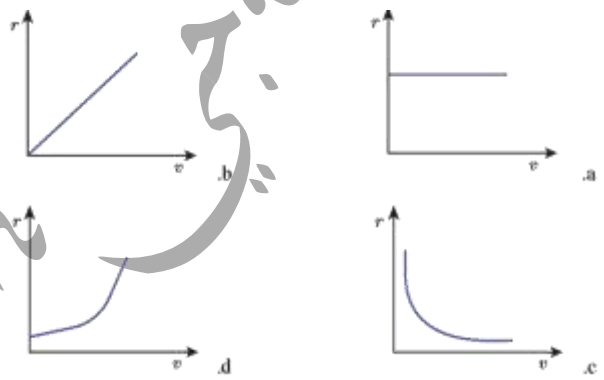
يُستخدَمُ هذا الجهاز لاستخداماتٍ عدّة مثل قياس:

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)

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

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)

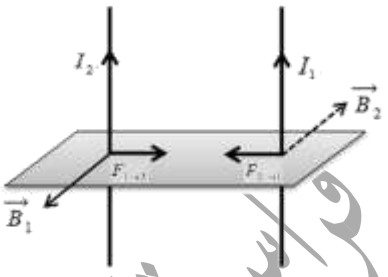
توضيح اختيار الإجابة:

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

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:

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

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

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

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

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

وبدراسة جملة مماثلة نجد:

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

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

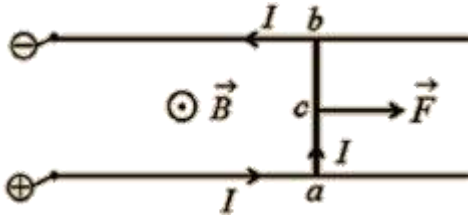
الجهة: تحدد وفق قاعدة اليد اليمنى:

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

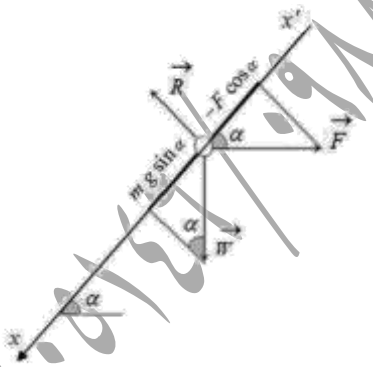
القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الساق.

$\vec{F}$ 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:



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

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

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

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

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

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

٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤ فراس قلعه جي

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 كهربائيّاً مُتواصلاً شدّته $10\ A$ حيثُ يؤثّرُ حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظمٌ أفقيٌّ 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 .

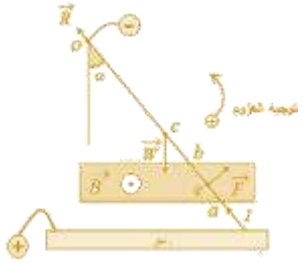
الحل: جملة المقارنة: خارجية .

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 نحاسيٍّ معزولٍ مساحته $4\pi\ cm^2$.

a) نعلّقُ الإطارَ بسلكٍ عديم الفتل شاقوليّ، ونخضعُه لحقلٍ مغناطيسيٍّ مُنتظمٍ أفقيٍّ 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 التيارَ ونستبدلُ سلكَ التّعليق بسلكٍ فتلٍ شاقوليٍّ ثابتٍ فتله K بحيثُ يكونُ 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 العلاقةَ المُحدّدةَ لثابت فتل سلك التّعليق انطلاقاً من شرطِ 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) $\sum \bar{\Gamma}_{\Delta} = 0$

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

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

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

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

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

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

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

$$k = \frac{100 \times \frac{1}{10\pi} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{6}}$$

$$k = 48\sqrt{3}\pi \times 10^{-6}\ m.N.rad^{-1}$$

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

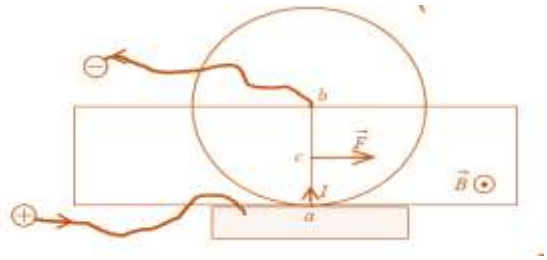
1) بيّنْ بالرّسمِ جهةَ كلٍّ من $(\vec{F}, \vec{B}, I\vec{L})$.

2) احسبْ شدّةَ التّيارِ المارّ في الدّولاب.

3) احسبْ عزمَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثّرةِ في الدُّولاب.

4) احسبْ قيمةَ الكتلةِ الواجبِ تعليقُها على طرفِ نصفِ القطرِ الأفقيِّ للدُّولابِ 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.

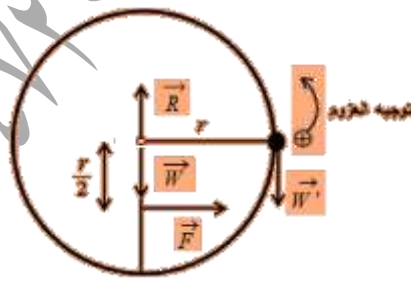
الجملة المدروسة: الدولاب المتوازن.

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

$\vec{F}$ 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 ٠٩٨٤٤٠٥٧٤ 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