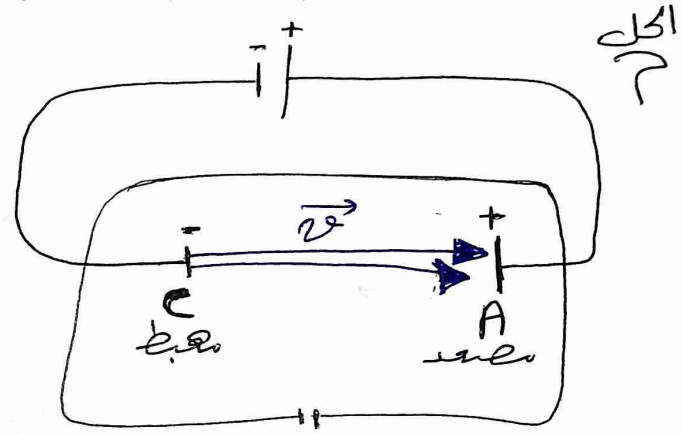
فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

سؤال هام في تجربة الأشعة المهبطية وعند تطبيق فرق كمون عالي تتولد حزمة الكترونية في الأنبوب

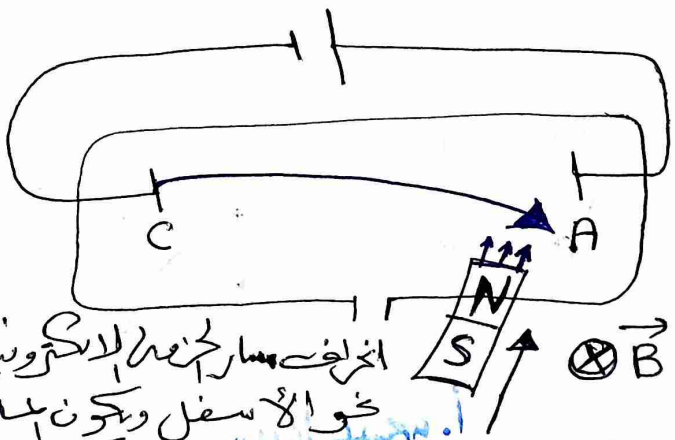
① ما شكل مسار الحزمة الإلكترونية؟



مسارها مستقيم من المهبط إلى المصعد بسرعة $\vec{v}$

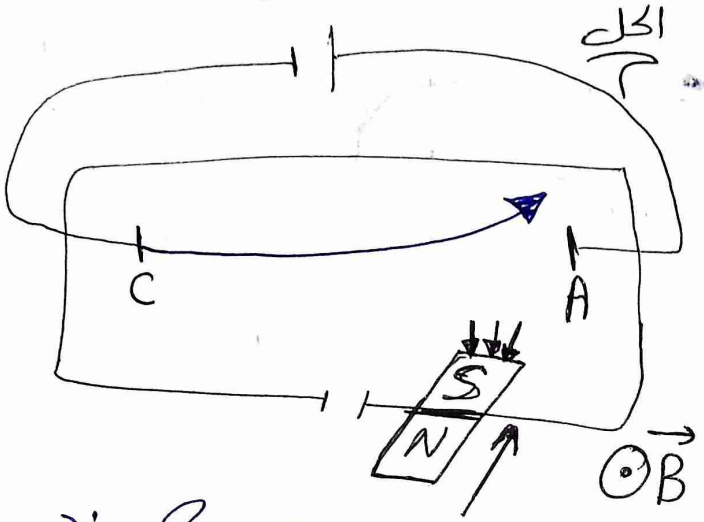
② كيف يصبح شكل مسار الحزمة الإلكترونية بتقريب قطب شمالي لمغناطيس مستقيم منزاح؟

الحل



انحراف مسار الحزمة الإلكترونية نحو الأسفل ويكون مسار دائري

③ كيف يصبح شكل مسار الحزمة الإلكترونية بتقريب قطب جنوبي لمغناطيس مستقيم



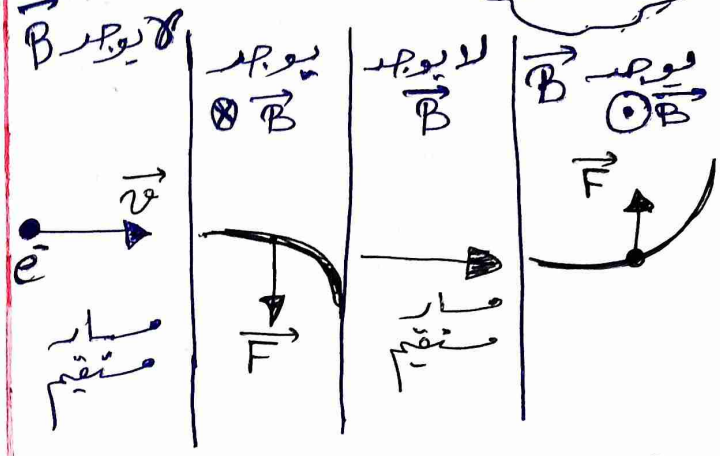
انحراف مسار الحزمة الإلكترونية نحو الأعلى ويكون مسار دائري

④ ماذا استنتج مما سبق؟

- تأثر الحقل المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي بقوة مغناطيسية حيث تغير هذه القوة من مسار حركة هذه الجسيمات
- تتعين جهة انحراف مسار الجسيمات المشحونة بتغير جهة الحقل المغناطيسي المؤثر

ملاحظة هامة

أ. محمد إدريس



الإلكترون e^- سالب ⇐ الشحنة سالبة

⇐ الأصابع عكس $\vec{v}$ ⇐ يشير الإبهام للأسفل $\vec{F}$

وباطن الكف للداخل $\otimes \vec{B}$

سؤال: أكتب العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية (لورنز) 5ن

الحل: شدة القوة المغناطيسية تتناسب طرداً مع

- q مقدار الشحنة بالقيمة المطلقة بوحدة الكولوم C
- v سرعة الشحنة المتحركة بوحدة m/s
- B شدة الحقل المغناطيسي T
- $\sin\theta$ حيث $\theta = (\vec{v}\ \hat{,}\ \vec{B})$

$$F = q.v.B.\sin\theta$$

شدة قوة لورنز المغناطيسية

أ. محمد إدريس

سؤال: أكتب العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة المغناطيسية ثم بيّن متى تكون عظمى ومتى تنعدم ومتى تأخذ نصف قيمتها

الحل:

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

عناصر شعاع القوة المغناطيسية

① نقطة التأثير: الشحنة المتحركة

② الحامل: عمودي على المستوي المحدد بالشعاعين $\vec{B}$ و $q\vec{v}$

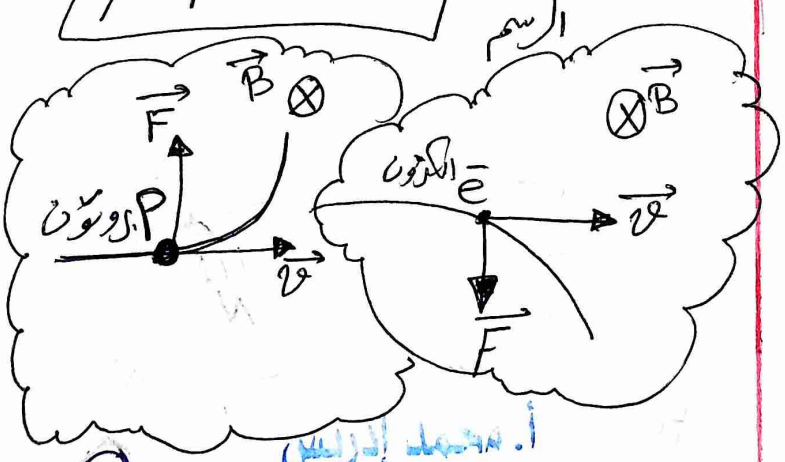
③ الجهة: حسب قاعدة اليد اليمنى

- نجعل الساعد موازياً لشعاع السرعة $\vec{v}$
- الأصابع بجهة $\vec{v}$ إذا $q>0$
- الأصابع عكس $\vec{v}$ إذا $q<0$
- يخرج $\vec{B}$ من باطن الكف
- يشير الإبهام إلى $\vec{F}$

④ الشدة:

$$F = q.v.B.\sin\theta$$

الرسم



$\vec{v} \perp \vec{B} \Leftarrow \theta = \frac{\pi}{2} \Leftarrow \sin\theta = 1 \Leftarrow$ أعظمي ✓

$\Rightarrow \boxed{F = q.v.B}$

$\vec{v} // \vec{B} \Leftarrow \theta = \pi$ أو $\theta = 0 \Leftarrow \sin\theta = 0 \Leftarrow$ تنعدم ✓

$\Rightarrow \boxed{F = 0}$

تنعدم عندما تكون الشحنة ساكنة $\boxed{v = 0}$ ✓

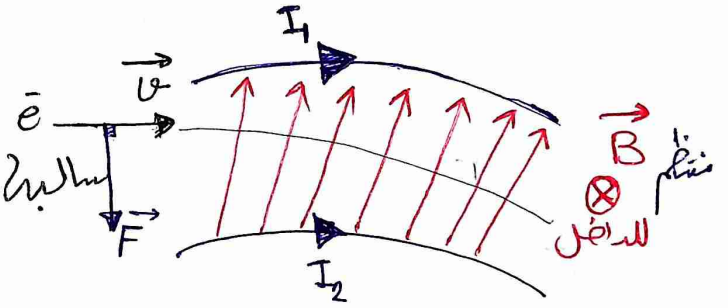
$\Rightarrow \boxed{F = 0}$

تأخذ نصف قيمتها ✓

$\sin\theta = \frac{1}{2} \Leftarrow \theta = \frac{\pi}{6} \Leftarrow \boxed{F = \frac{q.v.B}{2}}$

سؤال هام: في تجربة هلهولتز

لدينا ملفين دائريين متوازيين لهما المحور نفسه نمرر فيهما تيارين متساويين وبنفس الجهة



A ماذا تلاحظ عند إمرار التيارين في الملفين

الحل: يتولد حقل مغناطيسي منتظم بين الملفين

B تتولد حزمة الكترونية مسرعة بسرعة $\vec{v}$ تعامد (ناظميا) على شعاع حقل المغناطيس المنتظم ماذا تلاحظ؟

الحل: نلاحظ أن الحزمة الإلكترونية انحرفت عن مسارها وأصبح مسارها دائري

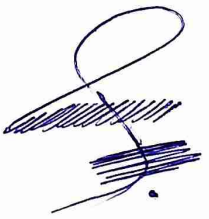
C كيف تفسر إجابتك؟

✓ يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية $\vec{F}$ عمودية على شعاع السرعة

أي أنها تكتسب تسارع ثابت يعامد شعاع السرعة

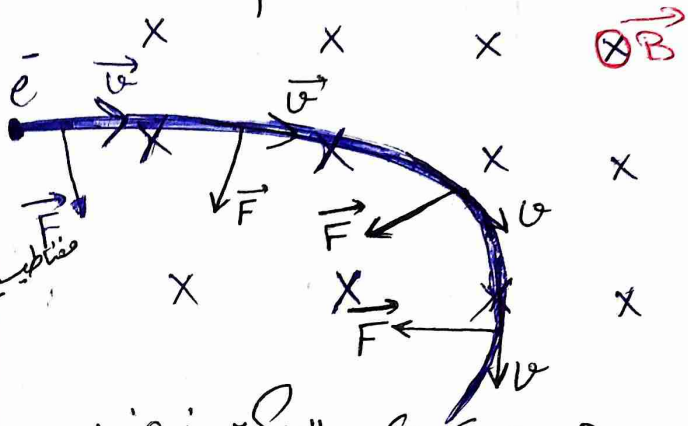
وعندما الحركة دائرية منتظمة للحزمة لأنها خضعت لتسارع جاذبية مركزية

أي يحدث تغير في حامل وجهة شعاع السرعة



سؤال هام

يدخل إلكترون متحرك بسرعة $\vec{v}$ إلى منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم نظمي على شعاع السرعة $\vec{v}$ فيصبح مسار الإلكترون دائري ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B} \perp \vec{v}$



① برهن أن حركة الإلكترون ضمن منطقة الحقل المغناطيسي المنتظم هي دائرية منتظمة

② استنتج نصف قطر المسار الدائري لحركة الإلكترون

③ استنتج دور حركة هذا الإلكترون

④ كيف تصبح حركة الإلكترون بعد خروجه من منطقة الحقل المغناطيسي المنتظم

الحل

✓ القوى المؤثرة: $\vec{F}$ لورنتز المغناطيسية

ويهمل ثقل الإلكترون لصغره أمام $\vec{F}$ لورنتز

✓ الجملة المدروسة: الإلكترون المتحرك

✓ جملة المقارنة: خارجية

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

$$\vec{F}_{\text{لورنتز}} = m_e \cdot \vec{a}$$

$$q\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e \cdot \vec{a}$$

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

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

✓ من خواص الجداء الشعاعي نلاحظ

$\vec{a} \perp \vec{v}$

$\vec{a} \perp \vec{B}$

✓ $\vec{a}$ محمولة على المماس

$\Rightarrow \vec{a} \perp$ المماس

$$\vec{a}_{\text{كلي}} = \vec{a}_{c\ \text{ناظمي}} + \vec{a}_{t\ \text{مماسي}}$$

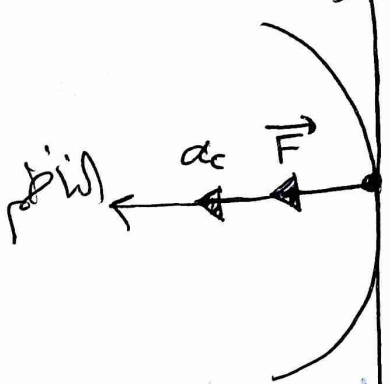
$v = \text{const}$ ⇐ حركة دائرية منتظمة

$$a_t = (v)'_t = (\text{const})'_t = 0$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow a_{\text{كلي}} = a_{c\ \text{ناظمي}}$$

⇐ الحركة دائرية منتظمة



② $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

لورنتز $\vec{F} = m_e \cdot \vec{a}$

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

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

$\vec{a} \perp \vec{B}$
$\vec{a} \perp \vec{v}$ ← من خواص الجداء الشعاعي

$\Rightarrow$ $\vec{a}$ عمودي دائما على $\vec{v}$

$\Rightarrow$ حركة دائرية منتظمة

$\Rightarrow$ قوة لورنتز هي قوة جاذبة مركزية

F لورنتز $= F$ جاذبة مركزية

$\sin\theta = 1$

$e \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta = m \cdot a_c$

$e \cdot v \cdot B = m \cdot \dfrac{v^2}{r}$

$e \cdot B = m \cdot \dfrac{v}{r}$

$r = m \cdot \dfrac{v}{e \cdot B}$

تسمى شدة الحركية p

$r = \dfrac{m \cdot v}{e \cdot B} = \dfrac{p}{e \cdot B}$

أ. محمد إدريس

أ. محمد إدريس

④ $v = \omega \cdot r$

$\Rightarrow \omega = \dfrac{v}{r}$

$\boxed{T = \dfrac{2\pi}{\omega}}$

$T = \dfrac{2\pi}{\frac{v}{r}} = 2\pi \times \dfrac{r}{v} = \dfrac{2\pi r}{v}$

$\boxed{r = \dfrac{m \cdot v}{e \cdot B}} \Rightarrow T = \dfrac{2\pi \cdot \frac{m \cdot v}{e \cdot B}}{v}$

$\Rightarrow T = 2\pi \cdot \dfrac{m}{e \cdot B}$

$\boxed{T = \dfrac{2\pi \cdot m}{e \cdot B}}$

⑤ بعد خروجها من منطقة تأثير المجال المغناطيسي

$B = 0$

$\Rightarrow \sum F_{\text{لورنتز}} = 0$

$\Rightarrow F_{\text{لورنتز}} = m_e \cdot a$

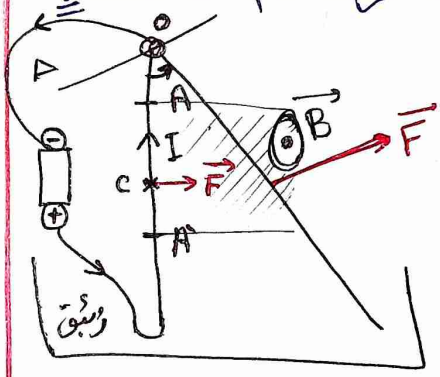
$\Rightarrow \boxed{a = 0}$

$\Rightarrow$ الحركة مستقيمة منتظمة

أ. محمد إدريس

سؤال الهام في تجربة نعلق سلك شاقولي من النحاس من نهايته العلوية بمحور دوران أفقي Δ ونجعل نهايته السفلية تلامس الزئبق الموضوع في حوض ونمرر بالسلك تيارا كهربائيا I ونخضع جزء من السلك طوله $\ell = AA'$ إلى تأثير حقل مغناطيسي منتظم فنلاحظ أن السلك انحرف عن وضع توازنه الشاقولي بزاوية α ثم توازن

A فسّر سبب انحراف السلك ؟



الحل

(تشوه قوة كهرطيسية عملت على انحراف السلك عن الشاقول بزاوية α)

B نعكس جهة التيار ماذا تلاحظ ؟

(تنعكس جهة القوة الكهرطيسية وعليه ينحرف السلك بالإتجاه المعاكس)

C نغير جهة التيار كما كانت ونعكس جهة $\vec{B}$ ماذا تلاحظ ؟

(تنعكس جهة القوة الكهرطيسية فينحرف السلك بالإتجاه المعاكس)

D نزيد من شدة التيار ماذا تلاحظ ؟

(تزداد شدة القوة الكهرطيسية
$\Leftarrow$ تزداد سرعة الإنحراف عن الشاقول
$\Leftarrow$ ينحرف بزاوية أكبر)

E نزيد شدة الحقل المغناطيسي ماذا تلاحظ ؟

(تزداد شدة القوة الكهرطيسية
$\Leftarrow$ وتزداد سرعة الإنحراف
$\Leftarrow$ ينحرف بزاوية أكبر)

F ماذا نستنتج مما سبق ؟

(يؤثر الحقل المغناطيسي في السلك الناقل بقوة تابعة تسمى القوة الكهرطيسية (قوة لابلاس))

G بماذا تتعلق جهة قوة لابلاس ؟

(بجهة $\vec{B}$ و I)

H حدد العوامل المؤثرة في شدة القوة الكهرطيسية (لابلاس) ؟

I شدة التيار المار بالسلك
B شدة الحقل المغناطيسي المؤثر
ℓ طول الجزء من الناقل المتغير الخاضع لـ B
$\theta = (\vec{I\ell}, \vec{B})$ حيث $\sin\theta$

$$F = I.\ell.B.\sin\theta$$

سؤال انطلاقاً من العلاقة المعبّرة عن شدة القوة المغناطيسية استنتج العلاقة المعبّرة عن القوة الكهرطيسية

$F_{\text{مغناطيسية}} = e.v.B.\sin\theta$ لورنز

$F_{\text{كهرطيسية}} = N \cdot F_{\text{مغناطيسية}}$ عدد الإلكترونات

$F = N.e.v.B.\sin\theta$

$v = \frac{L}{\Delta t}$ ، $q = N.e$

$F = N.e.\frac{L}{\Delta t}.B.\sin\theta$

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

$I = \frac{q}{\Delta t}$

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

$F = I.L.B.\sin\theta$ كهرطيسية

سؤال: ماهو N عدد الإلكترونات الحرة بالسلك

$n = \frac{N}{V}$ كثافة حجمية = عدد الإلكترونات / حجم

$V = S \times L$ حجم = مساحة × مسافة

$n = \frac{N}{S.L}$

نعزل N ⟹ $N = n.S.L$

N: عدد الإلكترونات، n: الكثافة، S: مساحة، L: مسافة

الناقل الأنجذب المغناطيس

إضافي أكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية

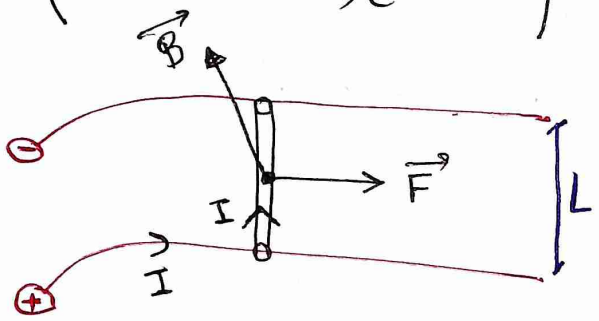
$\vec{F} = I.\vec{l} \wedge \vec{B}$

سؤال في تجربة لكتين الكهرطيسية تخضع الساق النحاسية المستندة عمودياً على السكتين بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم

ماذا

A نلاحظ عند امرار I متواصل بالساق؟

(تتدحرج الساق)



B فسّر سبب تدحرج الساق؟ وماهو نوع العمل؟

(فعود قوة كهرطيسية تعمل على تحريك الساقة وفق حوامل وجهتها)

يعمل محرك موجب

$W > 0$

C وماذا يحدث عند عكس جهة التيار أو عكس جهة $\vec{B}$؟

(تنعكس جهة القوة الكهرطيسية ⟸ تتدحرج الساق بالإتجاه المعاكس)

D ماذا يحدث عند زيادة شدة التيار أو زيادة $\vec{B}$ ؟

تزداد شدة $F \Leftarrow$ تزداد سرعة تدحرج الساق

سؤال هام: أكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية ثم حدد عناصر شعاع القوة الكهرطيسية وبيّن متى تكون شدة القوة الكهرطيسية عظمى ومتى تنعدم ومتى تأخذ نصف قيمتها

الحل

$$\vec{F} = I.\vec{l} \wedge \vec{B}$$

① نقطة التأثير: منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم

② الحامل: عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي

③ الجهة: حسب قاعدة اليد اليمنى
- نجعل اليد منبسطة على الناقل
- يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع
- يخرج $\vec{B}$ من راحة الكف
- يشير الإبهام لجهة $\vec{F}$

تحقق ثلاثية قائمة $(I\vec{l}, \vec{B}, \vec{F})$

④ الشدة

$$F = I.l.B.\sin\theta$$

$$\theta = (I\vec{l}\,;\vec{B})$$

سؤال هام:

A أكتب نص نظرية مكسويل

B استنتج عمل القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين الكهرطيسية

A نص مكسويل: إذا انتقلت دارة كهربائية أو جزء من دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي فإن عمل القوة الكهرطيسية المسببة لذلك الانتقال يساوي جداء شدة التيار المارّ فيها بتزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها

B تنتقل الساق الأفقية موازية لنفسها مسافة Δx فتمسح سطحاً $\Delta S = L.\Delta x$ تحت تأثير القوة الكهرطيسية التي تنجز عملاً موجباً محركاً $W > 0$

$$W = F.\Delta x$$

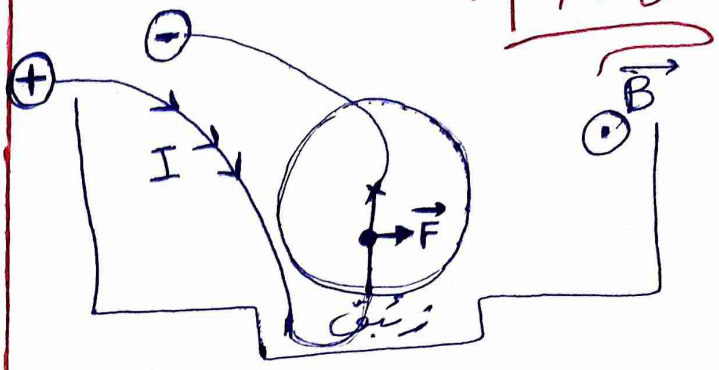
$$= I.l.B.\sin\theta.\Delta x$$

$$= I.B.\Delta S$$

$$W = I.\Delta\Phi$$

$$\Delta\Phi = B.\Delta S$$

سؤال هام :



في تجربة دولاب بارلو تخضع نصف السفلي للدولاب لتأثير حقل مغناطيسي منتظم

دولاب بارلو : دولاب خفيف من النحاس تتحول فيه الطاقة من كهربائية إلى حركية

A ماذا نلاحظ عند إمرار تيار كهربائي متواصل I في الدولاب ؟

الحل (دوران الدولاب)

B فسر سبب دوران الدولاب ؟

الحل (نشوء قوة كهرطيسية عزمها يعمل على تدوير الدولاب)

C ماذا يحدث عند عكس جهة التيار أو عكس جهة B ؟

الحل (تنعكس جهة القوة الكهرطيسية ويدور الدولاب بالاتجاه المعاكس)

D ماذا يحدث عند زيادة I أو زيادة B ؟

الحل (تزداد شدة F وتزداد سرعة دوران الدولاب)

سؤال : أكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية المؤثرة في دولاب بارلو

موجه بالكتابة والرسم مناطق تلك القوة ؟

الحل

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

① نقطة التأثير منتصف نصف القطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم

② المحامل : عمودي على المستوي الحدد بنصف القطر الشاقولي السفلي وشعاع الحقل المغناطيسي

③ الجهة : بقاعدة اليد اليمنى

✓ نجعل اليد منبسطة على نصف القطر السفلي الشاقولي

✓ يدخل التيار من الساعد ويخرج من مرؤوس الأصابع

✓ يخرج B من راحة الكف

✓ تعيين الإتجاه لمتجهة $\vec{F}$ ثلاثية قائمة $(I\vec{r}, \vec{B}, \vec{F})$

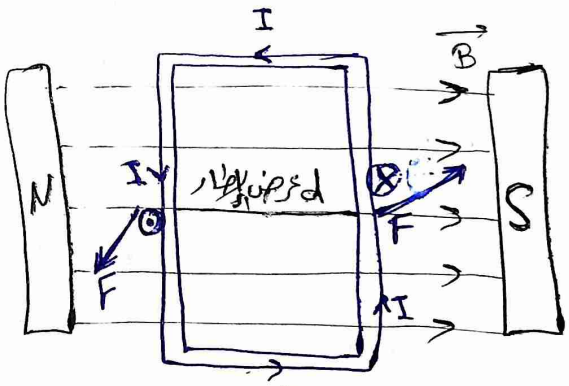
✓ الشدة $F = I.r.B.\sin\theta$

$\theta = (I\vec{r}\,;\vec{B})$

سؤال في تجربة الإطار المعلق من محوره المتعامد بسلك عديم الثقل ومرر تيار كهربائي في الإطار وخضع لحقل مغناطيسي فإن الإطار يدور

A فسر سبب دوران الإطار

B أكتب قاعدة التفقر الأعظمي



الحل

✓ $\otimes \vec{F}$ قوة كهربية للداخل

$\odot \vec{F}$ " " للخارج

✓ في الضلعين الأفقيين قوتين كهربيتين معدومتين $I\vec{L} // \vec{B}$

✓ تؤثر في الضلعين المتعامدين:

قوتين كهربيتين متوازيتين حاملاً ومتعاكستين بالجهة ومتساويتين بالشدة

تشكل مزدوجة كهربية تعمل على تدوير الإطار حول محوره من وضعه الأصلي حيث التفقر المغناطيسي معدوم إلى وضع التوازن المستقر يكون فيه التفقر أعظمي

B إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة مغلقة حرة الحركة تحركت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقر في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمي

سؤال A استنتج عزم المزدوجة الكهربية المؤثرة في إطار طول ضلعه L وعرضه d يمكنه الدوران حول سلك تعليق مار من محوره المتعامد ويخضع لـ $\vec{B}$

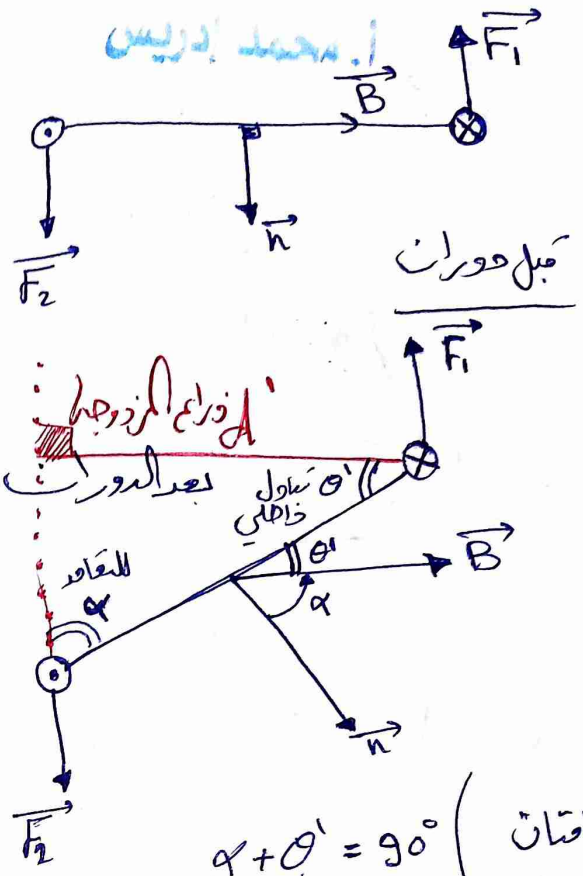
B أكتب عبارة عزم المزدوجة المغناطيسية

الحل

عزم المزدوجة = ذراع المزدوجة × إحدى القوتين

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

d' هو البعد العمودي بين حاملي القوتين



متقابلتان $\alpha + \theta' = 90°$

$(\vec{B}, \vec{n})$ α زاوية الدوران

$\sin\alpha = \frac{d'}{d} \Rightarrow d' = d \cdot \sin\alpha$ مقابل / وتر

$F = N \cdot I \cdot L \cdot B \cdot \sin\alpha$

$\Gamma_\Delta = d' \cdot F$ — طول الإطار

$= d \cdot \sin\alpha \cdot N \cdot I \cdot L \cdot B$ — عرض الإطار

المساحة $S = L \cdot d$

$\Gamma_\Delta = N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha$

عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية

العزم مغناطيسي $M = N \cdot I \cdot S$

$\Gamma_\Delta = M \cdot B \cdot \sin\alpha$

$\vec{\Gamma_\Delta} = \vec{M} \wedge \vec{B}$

عبارة الشعاعية لعزم المزدوجة الكهرطيسية

B الكامل: هو الناظم على مستوى الإطار (شعاع السطح)

الجاهزة: بالتقاف أصابع يدي حسب اتجاه التيار فيشير الإبهام لجهة الناظم واتجاه شعاع السطح وعبر عن العزم المغناطيسي

الشدة: $M = N \cdot I \cdot S$

سؤال: انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني استنتج زاوية دوران الإطار θ' في المقياس الغلفاني وكيف تتم زيادة الحساسية

$\sum \Gamma = 0$

$\Gamma_{\Delta \text{ مزدوجة كهرطيسية}} + \Gamma_{\text{مزدوجة فتل}} = 0$

$N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha + (-K\theta') = 0$

$N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha = K \cdot \theta'$

ملاحظات حول

① القوة المغناطيسية

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$$

$\vec{B}$ وسناع السرعة ناظمي على سناع الحقل

$\Rightarrow \vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow \sin\theta = 1$

② نصف قطر المسار الدائري

$$r = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B} = \frac{P}{e \cdot B}$$

كمية الحركة $P = m \cdot v \Rightarrow P = r \cdot e \cdot B$

شحنة الإلكترون

③ قوة لابلاس (القوة الكهرطيسية)

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\theta$$

$\theta = (\vec{Il}, \vec{B})$

✓ $\vec{Il} \perp \vec{B} \Rightarrow \sin\theta = 1$

✓ $\vec{Il} // \vec{B} \Rightarrow \sin\pi = 0$, $\sin 0 = 0$

بالعموم

✓ $F = N \cdot I \cdot l \cdot B \cdot \sin\theta$

(متتامتان) $\alpha + \theta' = 90°$

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

$N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \cos\theta' = K\theta'$ ⟸

θ' زاوية بالراديان

$\theta' \leq 0{,}24$ rad

$\cos\theta' \simeq 1$

$\sin\theta' \simeq \theta'$

$\tan\theta' \simeq \theta'$

$N \cdot I \cdot S \cdot B = K \cdot \theta'$

$$\theta' = \frac{N \cdot I \cdot S \cdot B}{K}$$

$$\theta' = \frac{N \cdot S \cdot B}{K} \cdot I$$

✓ علاقة زاوية دوران الإطارة

✓ " بين θ' و I

G ثابت المقياس الغلفاني $= \frac{N \cdot S \cdot B}{K}$

K ثابت فتل السلك

G حساسية المقياس

$$\theta' = G \cdot I$$

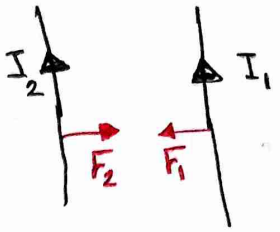
✓ K, G عكسي

$$K = \frac{K' \cdot (2r)^4}{l}$$

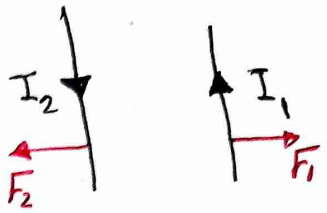
باستخدام سلك سلك رفيع نزع الفضة تكي تنقص K

(4)

تجاذب السلكان



تنافر السلكان



✓ قوة التأثير المتبادل بين السلكين

$$F = 2\times10^{-7}\frac{I_1 \cdot I_2}{d}\cdot L$$

البعد بين السلكين

تجربة السلكين

(5)

عمل القوة الكهربية

$$W = F \cdot \Delta x$$

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

$$\Delta x = v \cdot \Delta t$$

الاستطاعة الآنية (الميكانيكية)

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{t} = F \cdot v$$

(6) شرط التوازن (السكون)

«إمالة السكتين»

نرسم $\sum \vec{F} = \vec{0}$

دولاب بارلو

(7)

شدة القوة الكهربية

$$F = I \cdot r \cdot B \cdot \sin\theta$$

نضع قطر الدولاب

$$\sin\theta = 1$$

✓ عزم القوة الكهربية

$$\Gamma = d \cdot F = \frac{r}{2} \cdot F$$

✓ الاستطاعة المتوسطة

$$P = \int_{\text{عزم القوة}} \omega$$

السرعة الزاوية

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

✓ شرط التوازن (السكون)

شرط منع الدولاب

$$\sum \Gamma = 0$$

⑧ تجربة الإطار

① سلك تعليقه عديم الفتل

عزم المزدوجة الكهرطيسية

$\Delta = N \cdot I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha$ ✓

S ⟸ مربع $S = L^2$

S ⟸ مستطيل $S = d \cdot L$

S ⟸ دائرة $S = \pi r^2$

$\alpha = (\vec{B}\,;\vec{n})$ ✓

θ' زاوية الدوران

$\alpha + \theta' = 90$ (متتامتان)

✓ لحظة إمرار التيار ⟸ $\theta' = 0$ زاوية الدوران

(الإطار بعد ما دار)

$\Rightarrow \alpha = 90$

✓ خطوط الحقل توازي سطح الدارة

$\Rightarrow$ سطح الدارة $\parallel \vec{B} \perp \vec{n}$

وضع $\alpha = 90$

✓ بعد دوران الإطار بزاوية $\theta = 60°$

$\Rightarrow \alpha = 30$ (متتامتان)

✓ العزم المغناطيسي

$M = I \cdot S$

$\boxed{M = N \cdot I \cdot S}$

⑨ التدفق المغناطيسي

$\Phi = N \cdot S \cdot B \cdot \cos\alpha$

✓ تدفق معدوم ⟸ لحظة إمرار التيار

$\alpha = 90$

$\cos\alpha = 0$

السطح $\parallel \vec{B} \perp \vec{n}$

وضع $\alpha = 90$

$\cos\alpha = 0$

✓ تدفق أعظمي ⟺ توازن مستقر

$\alpha = 0$

$\cos\alpha = 1$

✓ تغير التدفق (الإطار يدور)

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

$= N \cdot S \cdot B \cdot \cos\alpha_2 - N \cdot S \cdot B \cdot \cos\alpha_1$

$= N \cdot S \cdot B (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$

✓ عمل مزدوجة كهرطيسية

$W = I \cdot \Delta\Phi$

$= I \cdot (\Phi_2 - \Phi_1)$

سلك فتل (10)

$$N.I.S.B = K.\theta'$$

$$\theta' = \frac{N.I.S.B}{K}$$

$$K = \frac{N.I.S.B}{\theta'}$$

θ' بالراديان وهي الصغيرة

✓ ثابتة لساسية المقياس الغلفاني G

$$G = \frac{N.S.B}{K}$$

$$G = \frac{\theta'}{I}$$

✓ ثابتة فتل السلك $K = \frac{K'.(2r)^4}{\ell}$

$G \xrightarrow{\text{عكسي}} K \xrightarrow{\text{عكسي}} \ell$

طردي

✓ نجعل طول سلك الفتل لصغير فيكون

$$G' = 2G$$ عكسيا

✓ نجعل طول سلك الفتل ثلث فيكون عكسيا

$$G' = \frac{1}{3}G$$

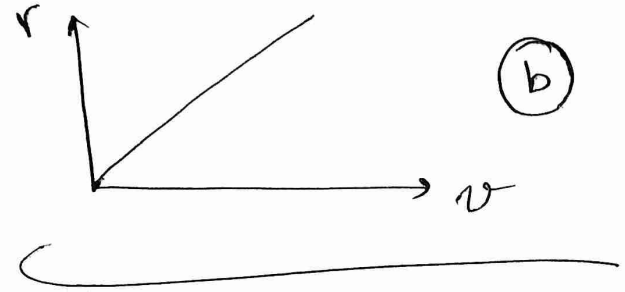
حركة إلكترون نفسي

(11) قوة

$$r = \frac{m.v}{q.B} = const.v$$

ثوابت m, q, B

v متغيرة $\Leftarrow r, v$ طرديا



(12) $\frac{E}{B}$ مقدار كهربائي / مقدار مغناطيسي

(a) $m.s^{-1}$

$E \downarrow q \rightarrow$ قوة كهربائية $F = q.E$

$B \downarrow q \rightarrow$ قوة مغناطيسية $F = q.v.B$

والحركة مستقيمة منتظمة

$F_{كهربائية} = F_{مغناطيسية}$

$q.E = q.v.B$

$E = v.B$

$m.s^{-1}$ $m.s^{-1}$

$$\frac{E}{B} = v$$

③ حركة دائرية منتظمة (أو متغيرة)

④ تبقى شدته ثابتة

أو يتغير حاملا وجهته ✓ إضافي غير موجود بالخيارات

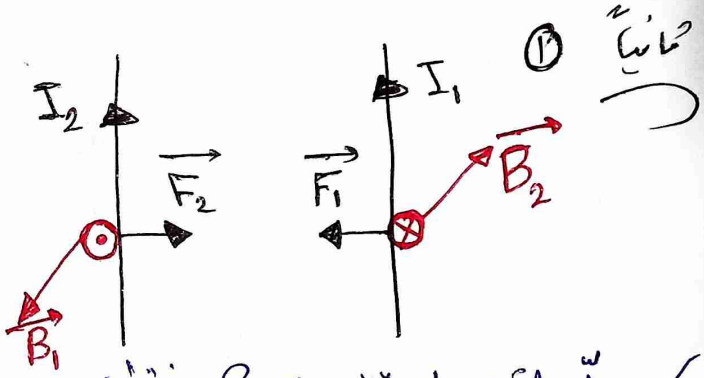
⑤ يزداد

العمل $W > 0$

$I \cdot \Delta\Phi > 0$

$\Rightarrow \Delta\Phi > 0$

ثانيا ①



✓ يولد التيار I_1 المستقيم بكل نقطة من L_2 من السلك المستقيم الثاني حقل مغناطيسي B_1

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

هذا الحقل ولد في السلك الثاني قوة كهرطيسية

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

$$F_{1\to2} = I_2 \cdot L_2 \cdot \left(2\times10^{-7}\frac{I_1}{d}\right)$$

$$F_{1\to2} = 2\times10^{-7}\cdot\frac{I_1 \cdot I_2}{d}\cdot L_2$$

✓ القوة الناتجة عن تأثير السلك الأول على طول L_2 من السلك الثاني

✓ قوة التأثير المتبادل بين السلكين

✓ يحملان I_1, I_2 بجهة واحدة يتجاذب السلكان

② جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: السكة التي تحمل القوى المؤثرة: $\vec{F}$ القوة المغناطيسية

مبدأ نقل الأثر: $\vec{F} = q\cdot\vec{v}\wedge\vec{B}$

$F = q\cdot v\cdot B\cdot\sin\frac{\pi}{2}$

شدة $\Rightarrow B = \frac{F}{q\cdot v}$ (N) شدة الحقل المغناطيسي

السلا — كولوم (C) — $m.s^{-1}$

تعريف السلا: هو شدة حقل مغناطيسي يؤثر على شحنة مقدارها واحد كولوم تتحرك بسرعة $1\,m.s^{-1}$ بعمود قوة مغناطيسية $1\,N$

③ تم حلها سابقا

- **عناصرُ شُعاعِ القوّةِ الكهرطيسيّة:**

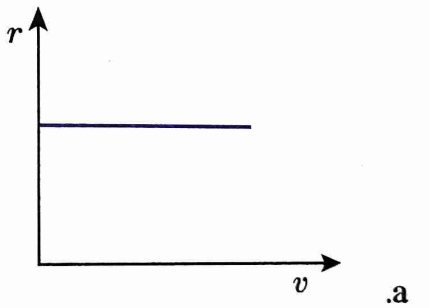
1. **نقطة التأثير:** مُنتصَفُ الجزءِ من النّاقل المُستقيم الخاضعِ للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم
2. **الحامل:** عموديٌّ على المُستوي المُحدَّد بالنّاقل المُستقيم وشُعاع الحقلِ المغناطيسيّ.
3. **الجهة:** تُحقّقُ الأشعّةُ $(\vec{F}, \vec{IL}, \vec{B})$ ثلاثيّةً مُباشرةً وفقَ قاعدةِ اليد اليُمنى: نجعلُ اليدَ اليُمنى مُنبسِطة على الناقل. يدخلُ التيّارُ من السّاعد، ويخرجُ من رؤوس الأصابع. يخرجُ شُعاعُ الحقلِ المغناطيسيّ $\vec{B}$ من راحةِ الكفّ. يشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة الكهرطيسيّة $\vec{F}$.
4. **الشّدّة:** تُعطى بالعلاقة: $F = ILB\sin\theta$

- **نصُّ نظريّة مكسويل:** عندما تنتقلُ دارة كهربائيّة – أو جزء من دارة كهربائيّة – في منطقة يسودها حقل مغناطيسيّ، فإنّ عمل القوّة الكهرطيسيّة المسبّبة لذلك الانتقال يساوي جداء شدّة التيّار المارّ في الدارة في تزايد التدفّق.
- **عزم المُزدوَجة الكهرطيسيّة المُؤثّرة في ملفّ** يعطى بالعلاقة: $\Gamma = ISB\sin\alpha$ و إذا احتوى الملفّ على N لفّة يعطى بالعلاقة $\Gamma = NISB\sin\alpha$
- **المقياس الغلفاني ذو الإطار المُتحرّك:** هو جهازٌ يُستخدمُ للاستدلال على وجودِ تيّاراتٍ كهربائيّةٍ صغيرةٍ جدّاً، وقياسِ شدّاتِها.

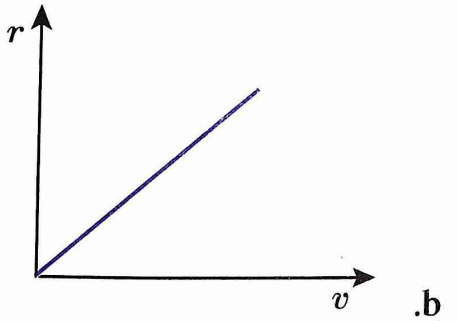
أختبر نفسي

أولا: اختر الإجابةَ الصّحيحة في كلٍّ ممّا يأتي:

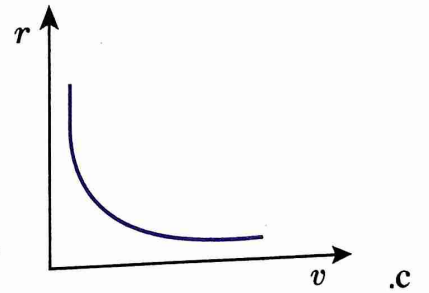
1. جُسَيماتٌ مشحونةٌ لها الكتلةُ نفسُها والشُّحنةُ نفسُها، أُدخلت في منطقة يسودها حقل مغناطيسيّ مُنتظَم بسرعة تعامد خطوط الحقل. فإنّ الشّكل الذي يمثّل العلاقة بينَ نصف قطر المسار الدائري r وسرعة الجُسَيمات المشحونة v:



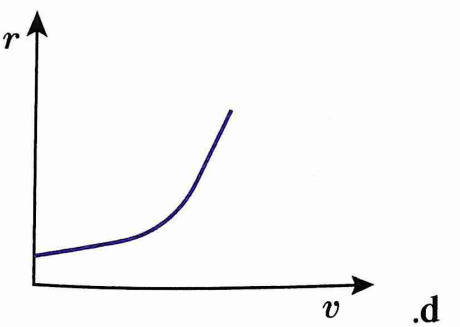
.a



.b



.c



.d

2. إنَّ واحدةَ قياسِ النّسبة $\frac{E}{B}$ هي :

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

3. عندما يدخلُ الإلكترونُ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ بسرعةٍ $\vec{v}$، تعامِدُ خطوطُ الحقلِ المغناطيسيّ (بإهمالِ ثقلِ الإلكترون) فإنَّ حركةَ الإلكترونِ داخلَ الحقلِ هي:

a. دائريّةٌ مُتغيّرةٌ بانتظام b. دائريّةٌ مُنتظَمةٌ c. مُستقيمةٌ مُنتظَمةٌ d. مُستقيمةٌ مُتغيّرةٌ بانتظام

4. عندَما يدخلُ جسمٌ مشحونٌ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ، فإنَّ شُعاعاً سرعتُه $\vec{v}$:

a. يتغيَّرُ حاملُه وشدّتُه b. يتغيَّرُ حاملُه فقط c. تتغيَّرُ شدّتُه فقط d. تبقى شدّتُه ثابتةً.

5. عندما تتدحرجُ السّاق في تجربةِ السّكّتَينِ الكهرطيسيّة تحتَ تأثيرِ القوّة الكهرطيسيّة، فإنَّ التّدفُّق المغناطيسيّ:

a. يبقى ثابتاً. b. يزدادُ. c. يتناقصُ. d. ينعدمُ.

ثانياً: أجبْ عن الأسئلةِ الآتيةِ

1. ادرسِ التّأثير المُتبادَل بينَ سلكَين نحاسيَين شاقوليَين طويلَين يمرُّ بهما تيّارانِ مُتواصِلانِ لهما الجهةُ نفسُها، واستنتجْ عبارةَ القوّة الكهرطيسيّة المُؤثِّرة في أحدِ السِّلكَين نتيجةَ وجودِ السِّلكِ الآخرِ.
2. استنتجْ عبارةَ شدَّة الحقلِ المغناطيسيّ المُؤثِّرة في شحنةٍ كهربائيّةٍ تتحرَّكُ في حقلٍ مغناطيسيّ مُنتظَمٍ بسرعة $\vec{v}$ تعامِدُ شُعاعَ الحقلِ المغناطيسيّ ثمَّ عرِّفِ التّسلا.
3. بيِّنْ كيفَ يتمُّ قياسَ شدّةِ التيّارِ في المقياسِ الغلفانيّ، ثمَّ استنتجِ العلاقةَ بينَ شدَّةِ التيّار I وزاويةِ دَوران الإطار (0)، وكيفَ تتمُّ زيادةُ حساسيَّةِ المقياسِ الغلفانيّ عمليّاً من أجلِ التيّارِ نفسِه.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

في تجربةِ السِّكتَين الكهرطيسيّة، تستندُ ساقٌ نحاسيّة كتلتُها $16g$ إلى سكَّتَينِ أفقيَّتَين حيثُ يؤثِّرُ على $4\,cm$ من الجزءِ المتوسِّط منها حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ شاقوليّ شدّتُه $4T$ ويمرُّ بها تيّارٌ شدّتُه $40\,A$،

المطلوب:

1. حدِّدْ بالكتابةِ والرَّسمِ عناصرَ شُعاعِ القوَّةِ الكهرطيسيّة، ثمَّ احسبْ شدّتُها.
2. احسبْ قيمةَ العملِ الذي تنجزه القوَّة الكهرطيسيّة عندما تنتقل الساق مسافة $15\,cm$.
3. احسبْ قيمةَ الزَّاويةِ الّتي يجبُ إمالةُ السِّكتَين بها عن الأفقِ حتّى تتوازنُ السَّاق والدّارة مُغلَقة (بإهمال قوى الاحتكاك).

المسألة الثانية:

نعلِّقُ سلكاً نحاسيّاً ثخيناً طولُه $60cm$ وكتلتُه $50g$ من طرفِهِ العلويّ شاقوليّاً، ونغمسُ طرفَه السّفليّ في حوضٍ يحتوي الزّئبقَ. نمرِّرُ تيّاراً كهربائيّاً مُتواصِلاً شدّتُه $10A$، حيثُ يؤثِّرُ حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ أفقيٌّ شدّتُه $B = 3 \times 10^{-2}T$ على قطعةٍ منه، طولُها $4cm$ يبعدُ مُنتصَفُها عن نقطةِ التَّعليقِ $50cm$.
استنتِجْ العلاقةَ المُحدِّدةَ لزاويةِ انحرافِ السِّلك عن الشّاقول بدلالةِ أحدِ نِسبِها المثلّثيّة، ثمَّ احسبْها.

المسألة الثّالثة:

إطارٌ مُستطيلُ الشّكل يحتوي 100 لفةٍ من سلكٍ نُحاسيٍّ معزولٍ مساحتُه $4\pi cm^2$.

a. نعلِّقُ الإطارَ بسلكٍ عديمِ الفتلِ شاقوليّ، ونخضعُه لحقلٍ مغناطيسيٍّ مُنتظَمٍ أفقيٍّ شدّتُه $B = 4 \times 10^{-2}T$، خطوطُه تُوازي مُستوي الإطارِ الشّاقوليّ، نمرِّرُ في الإطارِ تيّاراً شدّتُه $\frac{1}{10\pi}A$،

1. عزمِ المُزدوَجة الكهرطيسيّة التي يخضعُ لها الإطارُ لحظةَ إمرارِ التيّار.
2. عملِ المُزدوَجة الكهرطيسيّة عندَما يدورُ الإطارُ من وضعِه السّابق إلى وضعِ التّوازُن المُستقِرّ.

b. نقطعُ التيّارَ ونستبدلُ سلكَ التّعليق بسلكِ فتلٍ شاقوليّ ثابتِ فتلِه K، بحيثُ يكونُ مُستوي الإطار يوازي خطوطَ الحقل المغناطيسيّ السّابق، ونمرِّرُ تيّاراً شدّتُه $2mA$، فيدورُ الإطارُ زاويةَ $30°$، ثمَّ يتوازنُ.

المطلوب:

1. احسبِ التَّدفُّق المغناطيسيّ في الإطارِ عندَما يتوازَن.
2. استنتجِ العلاقةَ المُحدِّدةَ لثابتِ فتلِ سلكِ التّعليق انطلاقاً من شرطِ التّوازُن الدّورانيّ، ثمَّ احسبْ قيمتَه (يهملُ تأثيرَ الحقلِ المغناطيسيّ الأرضيّ).

المسألة الرّابعة:

دولابُ بارلو قطرُه $20\,cm$، يمرُّ فيه كهربائيّ مُتواصِلٌ I، ويخضعُ نصفُ القرصِ السّفليّ لحقلٍ مغناطيسيٍّ أفقيٍّ مُنتظِمٍ شدَّتُه $B = 10^{-2}T$، فيتأثَّرُ الدُّولابُ بقوَّةٍ كهرطيسيّةٍ شدَّتُها $F = 4 \times 10^{-2}N$

المطلوب:

1. بيِّنْ بالرّسمِ جهةَ كلٍّ من $(\vec{F}, \vec{B}, I\vec{L})$.
2. احسبْ شدّةَ التيّارِ المارّ في الدّولاب.
3. احسبْ عزمَ القوّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثّرةِ في الدُّولاب.
4. احسبْ قيمةَ الكتلةِ الواجبِ تعليقُها على طرفِ نصفِ القطرِ الأفقيّ للدُّولابِ لمنعِه عن الدَّوران.

تفكير ناقد

جسمٌ مشحونٌ يتحرَّكُ في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ يعامدُ حقلاً كهربائيّاً مُنتظَماً بسرعةٍ تُعامِدُ كلٌّ منهما، بيّنْ متى يصبحُ مسارُه مُستقيماً، ومتى يكونُ دائريّاً.

أبحث أكثر

ابحث في استخدامِ البروتوناتِ المُتسارِعة في علاجِ الأمراضِ السَّرطانيّة.

المسألة (10): عامة مغناطيسية

وشيعة طولها 40 cm، مؤلّفة من 400 لفّة، محورها الأفقيّ يعامد خطّ الزوال المغناطيسيّ، نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة، ثمّ نمرّر في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّته 16 mA.

المطلوب:

1. احسب شدّة الحقل المغناطيسيّ المتولّد في مركز الوشيعة.
2. إذا أجرينا اللفّ بالجهة نفسها على أسطوانةٍ فارغةٍ من مادّة عازلةٍ باستخدام سلك معزول قطره 2 mm بلفّات متلاصقة، احسب عدد طبقات الوشيعة.
3. نضع داخل الوشيعة في مركزها حلقةً دائريّةً مساحتها 2cm^2 بحيث يصنع النّاظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة زاوية 60°.

احسب التدفقَ المغناطيسيّ عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.

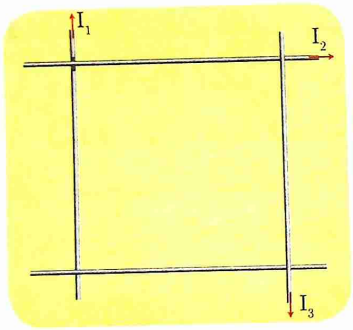
المسألة (11): عامة مغناطيسية

ملفّ دائريّ نصف قطره الوسطيّ 40 cm يتألّف من 100 لفّة، وُضِع في حقل مغناطيسيّ منتظم شدّته 0.5 T حيث خطوط الحقل عموديّة على مستوي الملفّ.

المطلوب:

1. احسب التدفّق المغناطيسيّ الذي يجتاز لفّات الملفّ.
2. ما مقدار التغيّر في التدفّق المغناطيسيّ إذا دار الملفّ في الاتّجاه الموجب بزاوية 45°.

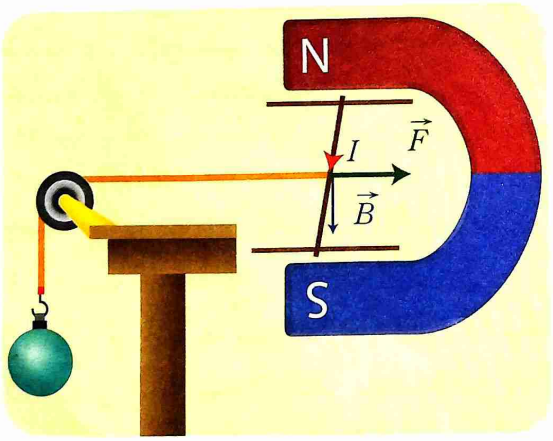
المسألة (12): عامة مغناطيسية



أربعُ أسلاك ناقلة طويلة تقع في مستوٍ واحد، ومتقاطعة مع بعضها البعض لتشكّل مربّعاً طول ضلعه 40 cm، أوجد شدّةَ، واتجاهَ التيّار الذي يجب أن يمرَّ في الناقل الرابع بحيث تكون شدّة الحقل المغناطيسيّ في مركز المربّع معدومةً.

حيث إنّ: $I_1 = 10\text{ A}, I_2 = 5\text{ A}, I_3 = 15\text{ A}$

المسألة (13): عامة



في الشكل المجاور تستند ساقٌ نحاسيّةٌ طولها 10 cm، وكتلتها 20 g على سكّتين نحاسيّتين أفقيّتين، وتخضعُ بكاملها لحقل مغناطيسيّ منتظمٍ شاقوليّ شدّته $B = 2 \times 10^{-2}\text{ T}$ ويمرُّ فيها تيّارٌ كهربائيٌّ متواصلٌ شدّته 15 A وللحفاظ على توازن هذه السّاق نعلّق في مركز ثقلها خيطاً لا يمتطّ كتلته مهملة، مربوطٌ بكتلة،

المطلوب:

1. احسب كتلة الجسم المعلّق.
2. احسب شدّة قوّة ردّ فعل السكّتين على السّاق.

المسألة (14): عامة

تيّار كهربائيّ شدّته 20 A يمرُّ في سلك مستقيم طوله 10 cm فإذا وضع السلك كاملاً في حقل مغناطيسيٍّ شدّته $2 \times 10^{-3}\text{ T}$ وكان السلك يصنع مع خطوط الحقل المغناطيسيٍّ زاوية 30° احسب شدّة القوّة الكهرطيسيّة المؤثّرة في السلك.

المسألة (15):

نخضع إلكتروناً يتحرّك بسرعة $8\times10^{3}\,\mathrm{Km.s^{-1}}$ إلى تأثير حقل مغناطيسيّ منتظم ناظميّ على شعاع سرعته شدّته $B=5\times10^{-3}\,\mathrm{T}$.

المطلوب:

1. وازن بالحساب بين شدّة ثقل الإلكترون وشدّة قوّة لورنز المؤثّرة فيه. ماذا تستنتج؟
2. برهن أنّ حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسيّ هي حركة دائريّة منتظمة، ثمّ استنتج العلاقة المحدّدة لنصف قطر المسار الدائريّ، واحسب قيمته.
3. احسب دور الحركة.

$(e=1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\ ,\ m_e=9\times10^{-31}\,\mathrm{kg}\ ,\ g=10\,\mathrm{m.s^{-2}})$

المسألة (16):

إطار مربّع الشكل مساحة سطحه $\mathrm{s}=25\,\mathrm{cm^2}$ يحوي 50 لفّة من سلك نحاسيّ معزول نعلّقه بسلك رفيع عديم الفتل وفق محوره الشاقوليّ ونخضعه لحقل مغناطيسيّ منتظم خطوطه أفقيّة شدّته $B=10^{-2}\,\mathrm{T}$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي منحى الحقل $\vec{B}$ عند عدم مرور تيّار، نمرّر في الإطار تيّاراً كهربائيّاً شدّته $I=5\,\mathrm{A}$

المطلوب:

1. احسب شدّة القوّة الكهرطيسيّة المؤثّرة في كلٍّ من الضّلعين الشاقوليّين لحظة مرور التيّار.
2. احسب عزم المزدوجة الكهرطيسيّة المؤثّرة في الإطار لحظة إمرار التيّار السابق.
3. احسب عمل المزدوجة الكهرطيسيّة عندما ينتقل الإطار من وضعه السّابق إلى وضع التّوازن المستقرّ.
4. نستبدل سلك التّعليق بسلك فتل ثابت فتله k لنشكّل مقياساً غلفانيّاً ونمرّر في الإطار تيّاراً كهربائيّاً شدّته ثابتة $2\,\mathrm{mA}$ فيدور الإطار بزاوية $0.02\,\mathrm{rad}$ ويتوازن. استنتج بالرموز علاقة ثابت فتل السلك k واحسب قيمته، ثمّ احسب قيمة ثابت المقياس الغلفانيّ G.
5. نزيد حساسيّة المقياس 10 مرّات من أجل التيّار نفسه، احسب ثابت فتل سلك التعليق بالوضع الجديد.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسيّ الأرضيّ)

المسألة (17):

ملفّ مستطيل مساحته $200\,\mathrm{cm^2}$ يتكوّن من 100 لفّة يمرّ فيه تيّار شدّته $3\mathrm{A}$، وضع في حقل مغناطيسيّ منتظم شدّته $0.1\,\mathrm{T}$ احسب عزم المزدوجة الكهرطيسيّة المؤثّرة عليه عندما يكون مستوي الملفّ يصنع زاوية 60° مع خطوط الحقل المغناطيسيّ.

المسألة (18):

وشيعة طولها $30\,\mathrm{cm}$ ومساحة مقطعها $3\times10^{-2}\,\mathrm{m^2}$ وذاتيّتها $L=5\times10^{-3}\,\mathrm{H}$

1. احسب عدد لفّاتها.
2. نمرّر في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّته $15\,\mathrm{A}$ احسب الطاقة الكهرطيسيّة المختزنة في الوشيعة.
3. نجعل شدّة التيّار تتناقص بانتظام من $20\,\mathrm{A}$ إلى الصفر خلال $0.5\,\mathrm{s}$ احسب القيمة الجبريّة للقوّة المحرّكة الكهربائيّة المتحرّضة في الوشيعة وحدّد جهة التيّار المتحرّض.
4. نمرّر في سلك الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً شدّته اللحظيّة مقدّرة بالأمبير $\overline{i}=20-5t$، احسب القيمة الجبريّة للقوّة المحرّكة الكهربائيّة التحريضيّة الذاتيّة الناشئة فيها.

(نهمل تأثير الحقل المغناطيسيّ الأرضيّ)

المسألة 1 درس

$m = 16\times10^{-3}\ kg$

$l = 4\times10^{-2}\ m$

$B = 10^{-1}\ T$

$I = 40\ A$

① العناصر: نقطة التأثير: منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي

المحامل: عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي

الجهة: حسب قاعدة اليد اليمنى

- يدخل التيار من الساعد ويخرج من الأصابع
- يخرج شعاع الحقل $\vec{B}$ من باطن الكف
- يشير الإبهام لجهة شعاع القوة الكهرطيسية $\vec{F}$

بحيث تحقق الأشعة $\vec{F}, \vec{I}, \vec{B}$ ثلاثية قائمة

② الشدة

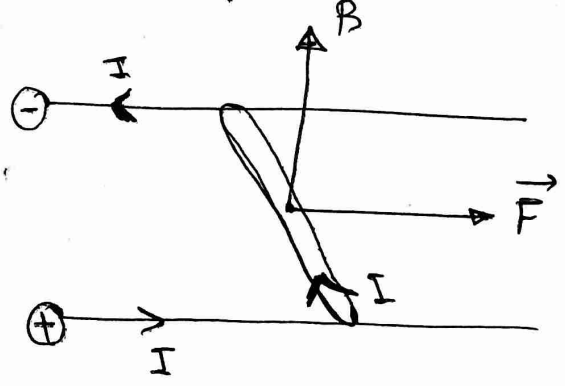
$F = I.l.B.\sin\theta$

$\hat{\theta} = (\vec{I}\,\hat{}\,\vec{B})$

طول الجزء من الساق الخاضع للحقل $\vec{B}$

$F = 40\times4\times10^{-2}\times10^{-1}\times1$

$= 16\times10^{-2}\ N$



$\Delta x = 15\times10^{-2}\ m$ $\quad W = ?$ ②

$W = F.\Delta x = 16.10^{-2}.15.10^{-2}$

$= 240.10^{-4}$

$= 24.10^{-3}\ J$

إضافي: أحسب قيمة العمل الطارئ إذا انتقلت الساقة بسرعة ثابتة $v = 5\times10^{-2}\ m/s$ طيلة ثانية ثوان

الحل: $\Delta x = v.\Delta t$

$= 5\times10^{-2}\times3 = 15\times10^{-2}\ m$

$W = F.\Delta x = 16.10^{-2}.15.10^{-2}$

$= 240.10^{-4}$

$= 24.10^{-3}\ J$

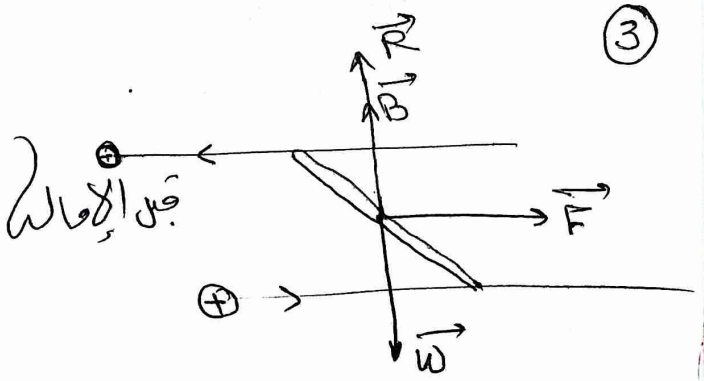
إضافي: أحسب الاستطاعة الميكانيكية

$P = \frac{W}{t} = \frac{24.10^{-3}}{3} = 8.10^{-3}\ watt$

أو $P = F.v = 16.10^{-2}.5.10^{-2}$

$= 80.10^{-4} = 8.10^{-3}\ watt$

③



المسألة 2 درس

$l = 60 \cdot 10^{-2}\ m$

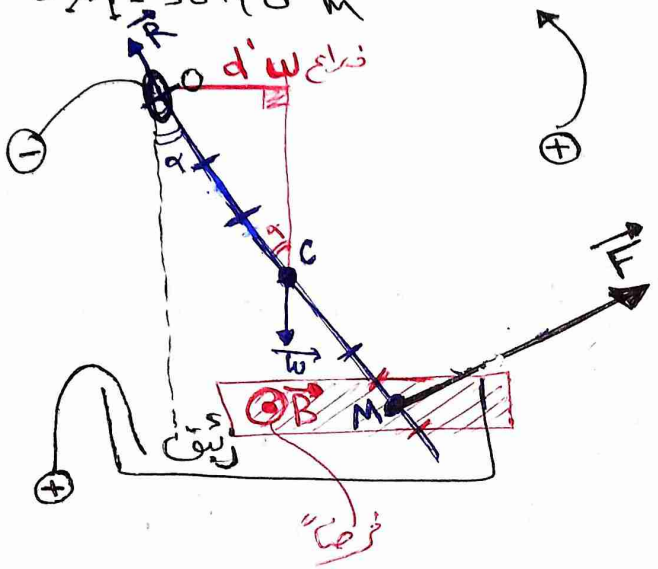
$m = 50 \cdot 10^{-3}\ kg$

$I = 10A$

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

$\mathcal{C} = 4 \cdot 10^{-2}\ m$ ← طول الجزء من الناقل المستقيم الخاضع لـ $\vec{B}$

$OM = 50 \cdot 10^{-2}\ m$



- جملة المتنازع: خذيفة
- الجملة المدروسة: ساقة متوازنة
- القوى الخارجية المؤثرة:
  $\vec{R}$ رد مفصل محور الدوران
  $\vec{w}$ ثقل الساقة
  $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية

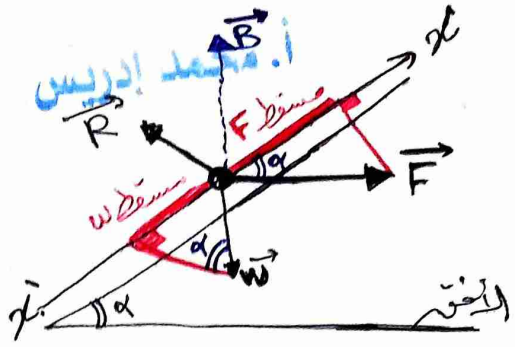
الساقة متوازنة ⇐ دوران $\sum \Gamma = 0$

$$\Gamma_{\vec{R}} + \Gamma_{\vec{F}} + \Gamma_{\vec{w}} = 0$$

$\Gamma_{\vec{R}} = 0$ (لأن $\vec{R}$ تلاقي محور الدوران بكامل طولها)

$\Gamma_{\vec{F}} = +d \cdot F = OM \cdot F$

أ. محمد إدريس



حتى تتوازن الساقة (ساكنة)

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

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

بالإسقاط على xx'

$$0 - w \cdot \sin\alpha + F \cdot \cos\alpha = 0$$

$$F \cdot \cos\alpha = w \cdot \sin\alpha$$

$$I \cdot l \cdot B \cdot \sin\frac{\pi}{2} \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{I \cdot l \cdot B \cdot \cos\alpha}{m \cdot g}$$

نقسم الطرفين على $\cos\alpha$

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{I \cdot l \cdot B}{m \cdot g}$$

$$\tan\alpha = \frac{I \cdot l \cdot B}{m \cdot g}$$

$$= \frac{40 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10}$$

$$\tan\alpha = \frac{10^{-3}}{10^{-3}}$$

$$\tan\alpha = 1$$

$$\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4}\ rad$$

أ. محمد إدريس

المسألة 3 درس

$N = 100$ لفة

$S = 4\pi \times 10^{-4}\ m^2$

$B = 4.10^{-2}\ T$

$\vec{B} \,//$ مستوى الإطار $\Rightarrow \vec{B} \perp \vec{n}$

$I = \frac{1}{10\pi}\ A$

$$\Gamma = N.I.S.B.\sin\alpha \quad (1)$$

لحظة إمرار التيار $\Leftarrow$ الإطار بعد ما حر

$\vec{n}, \vec{B}$ بين $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $\Leftarrow$

$\Gamma = 100 . \frac{1}{10\pi} . 4\pi.10^{-4} . 4.10^{-2} . 1$

$\Gamma = 16.10^{-5}\ m.N$

إذا توقف التيار الكهربائي

أحسب عزم المزدوجة الكهرطيسية

لعبر دوران الإطار بزاوية

$60°$

$\Gamma = N.I.S.B.\sin\alpha$ الآن ؟

$\alpha = (\vec{B}, \vec{n})$

α ليست زاوية الدوران

$\alpha + \alpha' = 90$

زاوية الدوران

$\alpha + 60 = 90 \Rightarrow \alpha = 30°$

$\Gamma = 100 . \frac{1}{10\pi} . 4\pi.10^{-4} . 4.10^{-2} . \frac{1}{2}$

$= 8.10^{-5}\ m.N$

$\vec{\omega} = -d'_{\text{ذراع}} . W$

$\sin\alpha = \frac{d'}{OC}$ مقابل / وتر

$\Rightarrow d' = OC.\sin\alpha$

$\vec{\omega} = -OC.\sin\alpha . W$

$\vec{\omega} = -W.OC.\sin\alpha$

نعوض في

$0 + OM.F - W.OC.\sin\alpha = 0$

$OM.F = W.OC.\sin\alpha$

$OM.I.l.B.\sin\frac{\pi}{2} = m.g.OC.\sin\alpha$

طول الجزء من الناقل الخاضع لـ $\vec{B}$

$$\sin\alpha = \frac{OM.I.l.B}{m.g.OC}$$

$= \frac{50.10^{-2} . 10 . 4.10^{-2} . 3.10^{-2}}{50.10^{-3} . 10 . 30 . 10^{-2}}$

نعوض طول السلك OC

$\sin\alpha = 4.10^{-2} = 0{,}04 < 0{,}24$

$\Leftarrow$ زاوية صغيرة

$\Rightarrow \sin\alpha = \alpha = 0{,}04$ rad

(2) التوازن المستقر ← وضعية المساحة

$\varphi = 0$ ← $\varphi = \frac{\pi}{2}$

$W = I.\Delta\Phi = I.(\Phi_2 - \Phi_1)$

$W = I.(N.S.B.\cos\varphi_2 - N.S.B\cos\varphi_1)$

$W = I.N.S.B(\cos\varphi_2 - \cos\varphi_1)$

$= \frac{1}{10\pi}.100.4.10^{-2}.4\pi.10^{-4}(\cos 0 - \cos\frac{\pi}{2})$

$= 16\times10^{-5}(1-0)$

$= 16\times10^{-5}\ J$

طريقة إضافية لحل السؤال 2

نحسب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما يدور الإطار من وضع تلامس فيه خطوط الحقل زاوية $60°$ مع ناظم الإطار إلى وضع التوازن المستقر

توازن مستقر

$\varphi_1 = 60$ ← $\varphi_2 = 0$

$W = I.\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1)$

$W = I.(N.S.B.\cos\varphi_2 - N.S.B.\cos\varphi_1)$

$= I.N.S.B(\cos\varphi_2 - \cos\varphi_1)$

$= \frac{1}{10\pi}.100.4.10^{-2}.4\pi.10^{-4}(\cos 0 - \cos 60)$

$= 16\times10^{-5}(1-\frac{1}{2})$

$= 8.10^{-5}\ J$

b) تقطع لتيار $I = 2.10^{-3}\ A$

$\theta' = 30$ ← يتوازن

$\Phi = N.S.B.\cos\varphi$ (1)

$\varphi + \theta' = 90$

$\varphi + 30 = 90 \Rightarrow \varphi = 60$

$\Phi = 100.4\pi.10^{-4}.4.10^{-2}.\frac{1}{2}$

$= 4\pi.10^{-6}.2$

$= 12,5\times10^{-6}.2 = 25.10^{-6}$ weber (2)

$\Sigma\Gamma = 0$

$\Gamma_{\text{كهرطيسية}} + \Gamma_{\text{فتل}} = 0$

$N.I.S.B.\sin\varphi - K\theta' = 0$

$\varphi + \theta' = 90$

$\sin\varphi = \cos\theta'$

$N.I.S.B.\cos\theta' - K\theta' = 0$

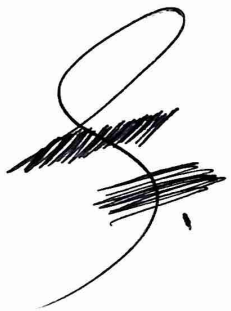
$N.I.S.B.\cos\theta' = K\theta'$

$K = \frac{N.I.S.B.\cos\theta'}{\theta'}$

$= \frac{100.2.10^{-3}.4\pi.10^{-4}.4.10^{-2}.\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{6}}$

$= 16\pi.10^{-7}.\sqrt{3}.\frac{6}{\pi}$

$= 96.10^{-7}.\sqrt{3}$ $m.N.Rad^{-1}$



المسألة 4 درس

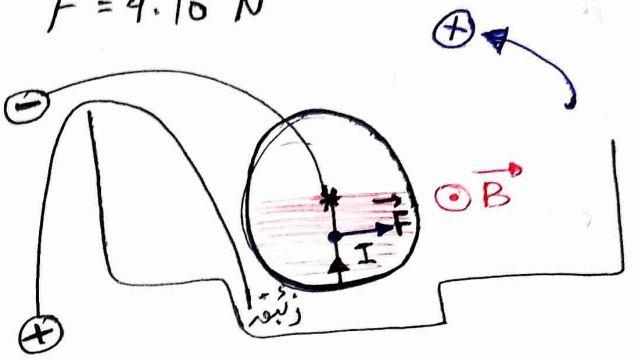
$2r = 20cm \Rightarrow r = 10cm$

$r = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1} m$

$B = 10^{-2} T$

$F = 4.10^{-2} N$

①



إضافي: حدد بالكتابة خاصيات متجهة شعاع القوة الكهرطيسية المؤثرة بالدولاب

✓ نقطة التأثير: منتصف الجزء من ضلع المقطع السفلي المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم

✓ الحامل: عمودي على المستوى المحدد بضلع المقطع المستقيم السفلي وشعاع الحقل المغناطيسي

✓ المنحى: حسب قاعدة اليد اليمنى

* حيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع

* يخرج شعاع $\vec{B}$ من باطن الكف

* يشير الإبهام لمنحى $\vec{F}$

حيث تحقق الأسفل

$(\vec{F}, I\vec{r}, \vec{B})$

ثلاثية قائمة

✓ الشدة:

$F = I.r.B.\sin\theta$

$\theta = (I\vec{r}, \vec{B})$

$I = \frac{F}{r.B.\sin\theta} = \frac{4.10^{-2}}{10^{-1}.10^{-2}.1}$ ②

$I = 40 A$

$\Gamma = d.F = \frac{r}{2}.F$ ③

$\Gamma = \frac{10^{-1}}{2}.4.10^{-2} = 2.10^{-3} M.N$

إضافي: أحسب الاستطاعة المتوسطة إذا دار الدولاب بسرعة تقابل $\frac{2}{\pi}$ دورة بالثانية

الحل: التواتر $f = \frac{2}{\pi}$ دورة/ثانية

$= \frac{2}{\pi} HZ$

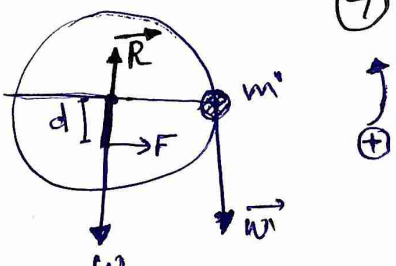
$P = \Gamma . \omega$

$\omega = 2\pi f$

$\omega = 2\pi . \frac{2}{\pi} = 4 rad.s^{-1}$

$\Rightarrow P = 2.10^{-3}.4 = 8.10^{-3} Watt$

④



ثقل الدولاب

جملة المقارنة: خارجية

المجال المدروس: دولاب متوازن

✓ القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{F}$ قوة كهرطيسية

✓ $\vec{w}$ ثقل الدولاب

✓ $\vec{R}$ رد فعل محور الدوران

✓ $\vec{w}$ ثقل الكتلة المضافة

$$\sum \mathcal{M} = 0$$

$$\mathcal{M}_{\vec{R}} + \mathcal{M}_{\vec{w}} + \mathcal{M}_{\vec{F}} + \mathcal{M}_{\vec{w'}} = 0$$

$\mathcal{M}_{\vec{R}} = \mathcal{M}_{\vec{w}} = 0$ (حاملهما يلاقيان محور الدوران بكل خطوة)

$$+d.F - d'.w' = 0$$

$$d.F = d'.w'$$

$$\frac{r}{2}.F = r.m'.g$$

$$\frac{1}{2}.F = m'.10$$

$$m' = \frac{\frac{1}{2}.4.10^{-2}}{10} = 2.10^{-3}\ kg$$

$\frac{10}{10}$

المسألة 13 عامة

$$\ell = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}\ m$$

$$m = 20.10^{-3} = 2.10^{-2}\ kg$$

$$B = 2.10^{-2}\ T$$

$$I = 15\ A$$

① المجال المدروس : الساقة

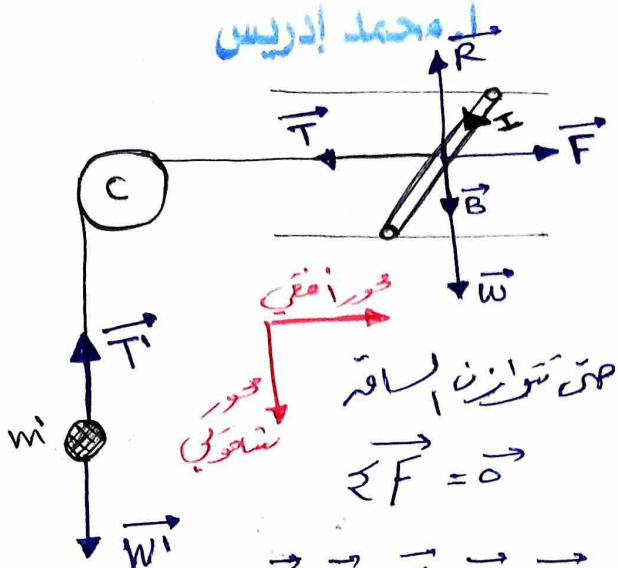
القوة الخارجية المؤثرة :

$\vec{w}$ ثقل الساقة

$\vec{R}$ رد فعل السكتين

$\vec{F}$ قوة كهرطيسية

$\vec{T}$ توتر الخيط



حالة توازن الساقة

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

$$\vec{R} + \vec{w} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$$

بالاسقاط على محور أفقي موجه بجهة $\vec{F}$

$$0 + 0 + F - T = 0$$

تساوي الصفر على المحور الأفقي

$$F = T \quad (*)$$

المجال المدروس : كتلة معلقة

القوى الخارجية المؤثرة

$\vec{w'}$ ثقل الكتلة المعلقة

$\vec{T'}$ توتر الخيط

الكتلة متوازنة

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

$$\vec{w'} + \vec{T'} = \vec{0}$$

نسقط على المحور الشاقولي نحو الأسفل

$$w' - T' = 0$$

$$w' = T' \quad (\heartsuit)$$

لكن $T' = T$ (نفس الخيط)

$$F = w'$$

$$I.\ell.B.\sin\frac{\pi}{2} = m'.g$$

$$m' = \frac{I \cdot l \cdot B \cdot 1}{g}$$

$$m' = \frac{15 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{10} = 3 \cdot 10^{-3}\ kg$$

2 على مدروسة : ساقر

القوى الخارجية المؤثرة

$\vec{w}$ ثقل الساقر

$\vec{R}$ رد فعل السكتين

$\vec{F}$ قوة كهرطيسية

$\vec{T}$ توتر الخيط

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

$$\vec{R} + \vec{w} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي نحو الأسفل

$$-R + W + 0 + 0 = 0$$

$$W = R = m \cdot g = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10$$

$$= 2 \cdot 10^{-1}\ N$$

المسألة 14 عامة.

$I = 20\ A$

$l = 10 \cdot 10^{-2} = 10^{-1}\ m$

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

$\theta = 30^\circ \quad (I\vec{l}\ ;\ \vec{B})$

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\theta$$

$$= 20 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 30$$

$$= 2 \cdot 10^{-3}\ N$$

المسألة 15 عامة

$v = 8 \cdot 10^3\ Km.s^{-1} = 8 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot m.s^{-1}$

$v = 8 \cdot 10^6\ m.s^{-1}$

$v \perp \vec{B}$ نظمي

$B = 5 \cdot 10^{-3}\ T$

① ثقل الإلكترون

$$W_e = m_e \cdot g = 9 \cdot 10^{-31} \cdot 10$$

$$= 9 \cdot 10^{-30}\ N$$

قوة لورنتز

$$F = e \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$$

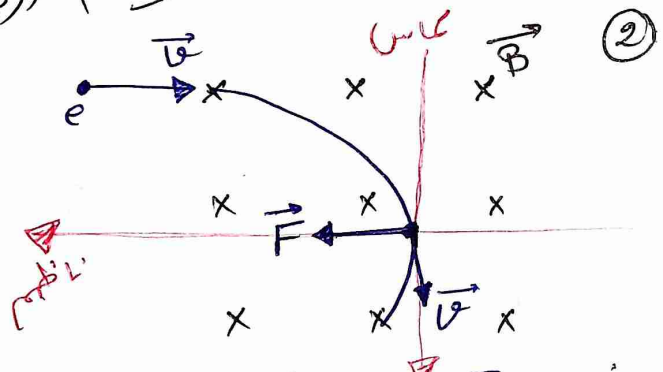
$$= 16 \times 10^{-20} \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1$$

$$F = 40 \cdot 16 \cdot 10^{-17} = 64 \cdot 10^{-16}\ N$$

$W_e \ll F$

⇐ يهمل ثقل الإلكترون لصغر أمام قوة لورنتز

② عاس



↙ اتجاه عكس السويا

↙ باطن الكف للداخل

↙ الإبهام يشير لـ $\vec{F}$ لورنتز

حركة دائرية منتظمة

$v = const$ ← عاسي $a_t = (v)'_t = 0$

a ← ناظمي $a_c = \frac{v^2}{r}$

$a = a_c$ كي

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

$$\vec{F}_{\text{لورنتز}} = m_e.\vec{a}$$

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

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

من خواص الجداء الشعاعي

$$\vec{a} \perp \vec{B}$$

$$\vec{a} \perp \vec{v}$$

$\vec{a}$ محمولة على المماس

$\vec{a}$ المماس $\perp$

$\vec{a}$ محمول على الناظم

$a_{total} = a_c$ تسارع كلي = تسارع ناظمي

الحركة دائرية منتظمة

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

$$\vec{F}_{\text{لورنتز}} = m_e.\vec{a}$$

بالإسقاط على الناظم

$$F = m_e.a_c$$

$$e.v.B.\sin\theta = m_e.\frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m_e.v^2}{e.v.B.1}$$

علاقة نصف قطر مسار الإلكترون

$$r = \frac{9.10^{-31}.(8.10^6)^2}{16.10^{-20}.8.10^6.5.10^{-3}}$$

$$r = \frac{9.10^{-31}.8.10^6}{80.10^{-23}}$$

$$r = \frac{9.10^{-25}}{10^{-22}} = 9.10^{-3}\ m$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$ (3)

$$v = \omega.r \Rightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{8.10^6}{9.10^{-3}}$$

$$\omega = \frac{8}{9} \times 10^9\ rad.s^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi}{\frac{8}{9}.10^9} = 2\pi.\frac{9}{8}.10^{-9}$$

$$= \frac{9\pi}{4}.10^{-9}\ sec$$

المسألة 16 خاصة

$S = 25.10^{-4}\ m^2$

$\Rightarrow L = \sqrt{S} = 5.10^{-2}\ m$

$N = 50$ لفة

$B = 10^{-2}\ T$ $\quad I = 5A$

① $F = N.I.l.B.\sin\theta$

$F = 50.5.5.10^{-2}.10^{-2}.1$

$F = 125.10^{-3}\ N$

② $\Gamma = N.I.S.B.\sin\alpha$

$= 50.5.25.10^{-4}.10^{-2}.1$

$= 625.10^{-5}\ m.N$

③ $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ واضح ومعلوم $\xrightarrow{\text{دار الإطار}}$ $\alpha_2 = 0$ توازن مستقر

$W = I.\Delta\Phi = I.(\Phi_2 - \Phi_1)$

$= I.(N.S.B.\cos\alpha_2 - N.S.B.\cos\alpha_1)$

$= I.N.S.B.(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$

$= 5.50.25.10^{-4}.10^{-2}\left(\cos 0 - \cos\frac{\pi}{2}\right)$ (1 ، 0)

$= 625.10^{-5}\ J$

④ $I = 2.10^{-3}\ A$ بالمدبر

$\theta' = 2.10^{-2}\ rad$

$\Sigma\Gamma = 0$

$\Gamma_{\text{كهرطيسية}} + \Gamma'_{\text{فتل}} = 0$

$N.I.S.B.\sin\alpha - k\theta' = 0$

$N.I.S.B.\sin\alpha = k\theta'$

$\alpha + \theta' = 90$ (متتامتان)

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

$N.I.S.B.\cos\theta' = k\theta'$

$\cos\theta' \simeq 1$ جيب θ'

$N.I.S.B = k.\theta'$

$k = \frac{N.I.S.B}{\theta'}$

$k = \frac{50.2.10^{-3}.25.10^{-4}.10^{-2}}{2.10^{-2}}$

$k = 125.10^{-6}\ m.N.rad^{-1}$

$\theta' = G.I \Rightarrow G = \frac{\theta'}{I}$

$\Rightarrow G = \frac{2.10^{-2}}{2.10^{-3}} = 10\ rad.A^{-1}$

$$\Rightarrow K' = 125.10^{-7}\ m.N.Rad^{-1}$$

التمرين 17 حالة 2 :

$S = 200 \times 10^{-4} = 2.10^{-2}\ m^2$

$N = 100$ لفة

$I = 3\ A$

$B = 10^{-1}\ T$

الزاوية بين مستوى الملف (نقطة d) والناظم $\vec{n}$ هي 90

$\alpha = (\vec{B}\ ;\ \vec{n})$

$(\vec{B}\ ;\ d) = 60$

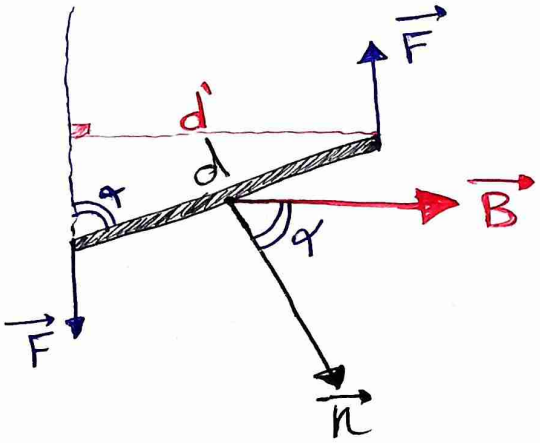
مستوى الملف

$\Rightarrow \alpha = 30$

$$\Gamma = N.I.S.B.\sin\alpha$$

$\Gamma = 100.3.2.10^{-2}.10^{-1}.\sin 30$

$\Gamma = 6.10^{-1}.\frac{1}{2} = 3.10^{-1}\ m.N$



الحالة 2 :

$$G = \frac{N.S.B}{K}$$

$$G = \frac{50.25.10^{-4}.10^{-2}}{125.10^{-6}} = 10\ rad.A^{-1}$$

(5) قيمة جديدة $G' = 10\ G$

قبل التغير $G = \frac{N.S.B}{K}$

بعد التغير $G' = \frac{N.S.B}{K'}$

نسبة

$$\frac{G}{G'} = \frac{\frac{N.S.B}{K}}{\frac{N.S.B}{K'}} = \frac{\frac{1}{K}}{\frac{1}{K'}}$$

$$\frac{G}{G'} = \frac{1}{K} \times \frac{K'}{1}$$

$$\frac{G}{G'} = \frac{K'}{K}$$

$$\frac{G}{10G} = \frac{K'}{K}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{K'}{K}$$

$$K' = \frac{K}{10} = \frac{125.10^{-6}}{10}$$