الحقل المغاطيسي

المسألة الأولى

وشيعة طولها $40cm$, مؤلفة من 400 لفة, محورها الأفقي يعامد خط الزوال المغناطيسي, نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة, ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $16mA$.

المطلوب:

❶ احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة.

❷ إذا أجرينا اللف بالجهة نفسها على أسطوانة فارغة من مادة عازلة باستخدام سلك معزول قطره $2mm$ بلفات متلاصقة, احسب عدد طبقات الوشيعة.

❸ نضع داخل الوشيعة في مركزها حلقة دائرية مساحتها $2cm^2$ بحيث يصنع الناظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة زاوية $60°$.

احسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.

الحل

$$l = 0.4m, n = 400 \text{ لفة}, I = 16 \times 10^{-3}\ A$$

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

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{400 \times 16 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-1}} = 2 \times 10^{-5} T$$

❷ $\frac{N}{N'} = $ عدد الطبقات

$N' = \frac{l}{2r'} = \frac{4\times10^{-1}}{2\times10^{-3}} = 200$ لفة

عدد الطبقات $\frac{N}{N'} = \frac{400}{200} = 2$ طبقة

❸ $\alpha = 60^{\circ} = \frac{\pi}{3} rad$

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

$$\emptyset = 2 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2}$$

$$\emptyset = 2 \times 10^{-9}\ \text{Weber}$$

المسألة الثانية :

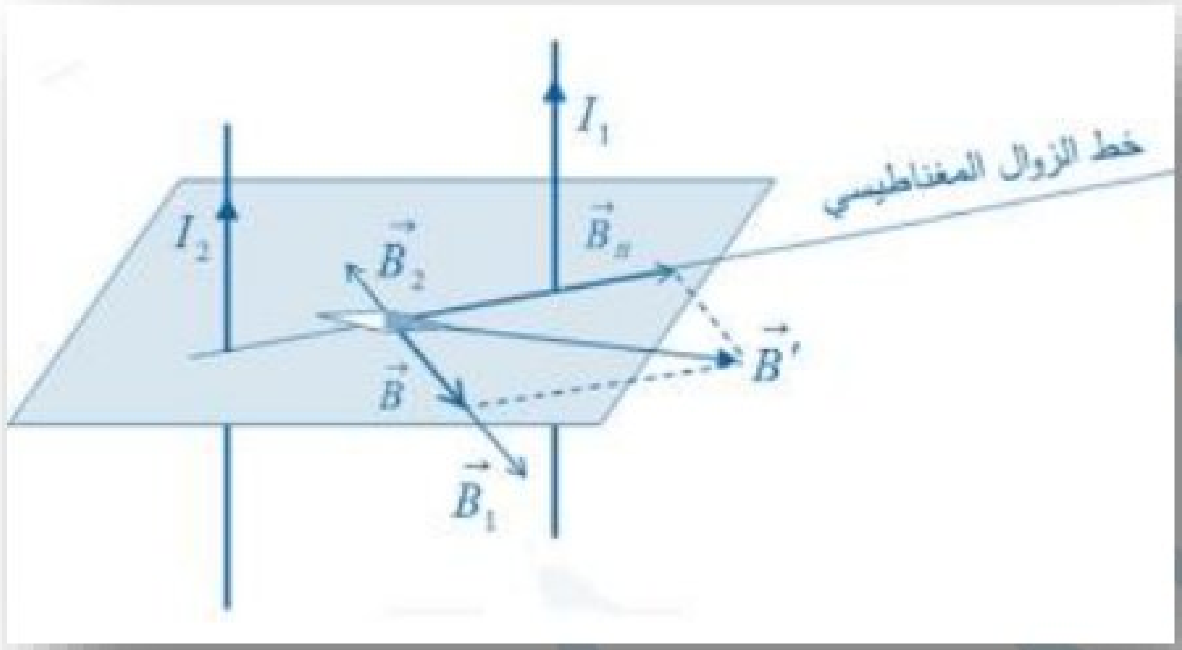
نضع في مستوى الزوال المغناطيسي الأرضي سلكين طويلين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (c_1, c_2) عن بعضهما البعض مسافة $d = 40cm$, ونضع إبرة بوصلة صغيرة في النقطة c منتصف المسافة (c_1, c_2). نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته $I_1 = 3A$, وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته $I_2 = 1A$, وبجهة واحدة. والمطلوب:

❶ حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين في النقطة c موضحاً ذلك بالرسم.

❷ حساب الزاوية التي تنحرف فيها إبرة البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الافقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_H = 2 \times 10^{-5} T$

❸ حدد النقطة الواقعة بين السلكين التي تنعدم فيها شدة محصلة الحقلين.

❹هل يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج السلكين؟ وضح إجابتك.



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

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{3}{20 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-6} T$$

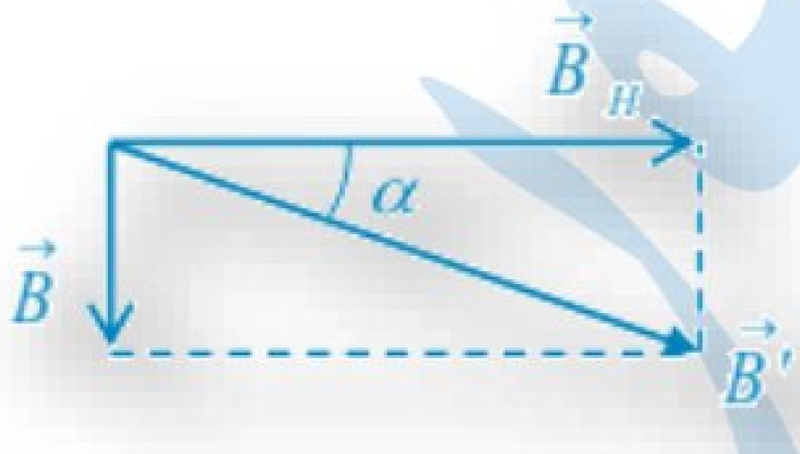
$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{1}{20 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-6} T$$

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

$$B = B_1 - B_2 \Longrightarrow B = 3 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} T$$

❷ بعد مرور التيارين تستقر الإبرة المغناطيسية وفق $\overrightarrow{B'}$ محصلة الحقلين $(\vec{B}, \vec{B}_H)$



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

من الشكل نجد: $\tan\alpha = \frac{B}{B_H} = \frac{2\times10^{-6}}{2\times10^{-5}} = 0.1$

$$\tan\alpha \approx \alpha \Longrightarrow \alpha = 0.1 rad$$

❸ $B = B_1 - B_2 = 0$

$$B_1 = B_2 \Longrightarrow 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \Longrightarrow \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{(d - d_1)} \Longrightarrow \frac{3}{d_1} = \frac{1}{(40 - d_1)} \Rightarrow 120 - 3d_1 = d_1 \Rightarrow 4d_1 = 120$$

$$d_1 = 30cm = 0.3m$$

❹ لا يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج السلكين.في النقاط الواقعة على استقامة $(c_1 c_2)$ وخارج السلكين كون شعاعي الحقل المغناطيسي سيكونا بجهة واحدة وعلى حامل واحد .

المسألة الثالثة :

ملف دائري نصف قطره الوسطي $5cm$ يولد عند مركزه حقلاً مغناطيسياً, قيمته تساوي قيمة الحقل المغناطيسي الذي تولده وشيعة عند مركزها عندما يمر بهما التيار نفسه, فإذا علمت أن عدد لفات الوشيعة 100 لفة وطولها $20cm$, احسب عدد لفات الملف الدائري.

الحل

$$B = B'$$

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

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

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

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

$N = 50$ لفة

فعل الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي:

المسألة الاولى :

لدينا إطار مربع الشكل مساحة سطحه $s = 25cm^2$ يحوي 50 لفة من سلك نحاسي معزول نعلقه بسلك رفيع عديم الفتل وفق محوره الشاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم خطوطه أفقية شدته $B = 10^{-2}T$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي منحى الحقل $\vec{B}$ عند عدم مرور تيار, نمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته $I = 5A$ المطلوب:

❶ احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في كل من الضلعين الشاقوليين لحظة مرور التيار.

❷ احسب العزم المغاطيسي للاطار

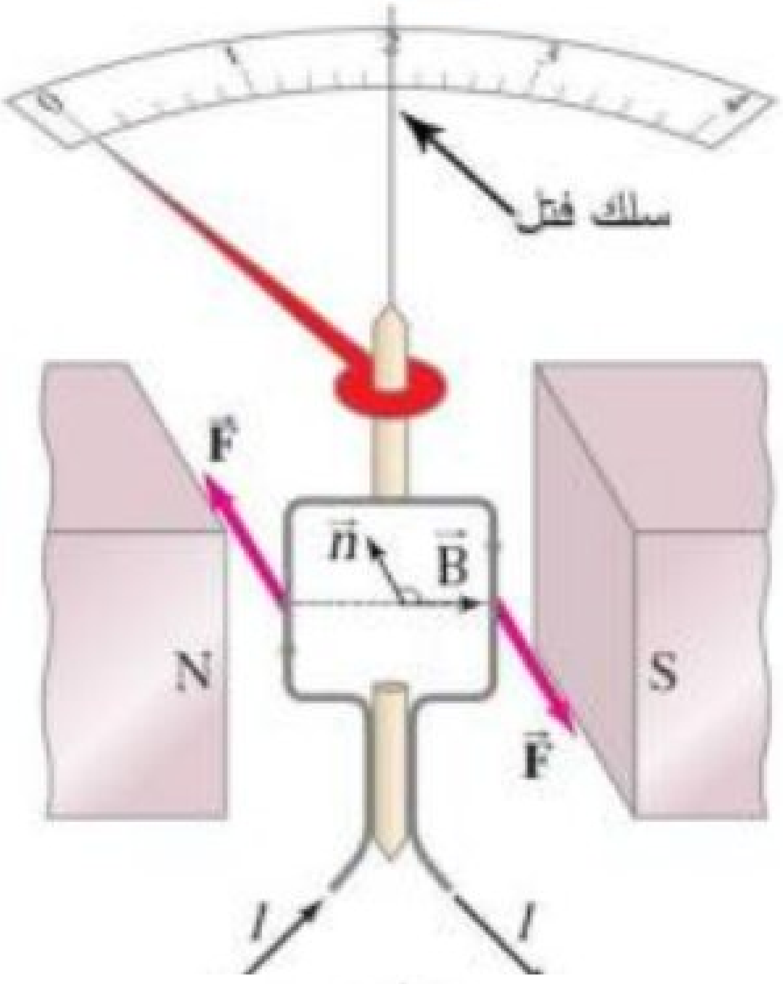
❸ احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار لحظة إمرار التيار السابق.

❹ احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما ينتقل الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.

❺ نستبدل سلك التعليق بسلك فتل ثابت فتله k لنشكل مقياساً غلفانياً ونمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته ثابتة $2mA$ فيدور الإطار بزاوية $0.02rad$ ويتوازن. استنتج بالرموز علاقة ثابت فتل السلك k واحسب قيمته, ثم احسب قيمة ثابت المقياس الغلفاني G.

❻ نزيد حساسية المقياس 10 مرات من أجل التيار نفسه, احسب ثابت فتل سلك التعليق بالوضع الجديد. (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل



❶ $L = \sqrt{s} = 5 \times 10^{-2}m$

$$F = NILB \sin\theta$$

$$F = 50 \times 5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-2} \times 1$$

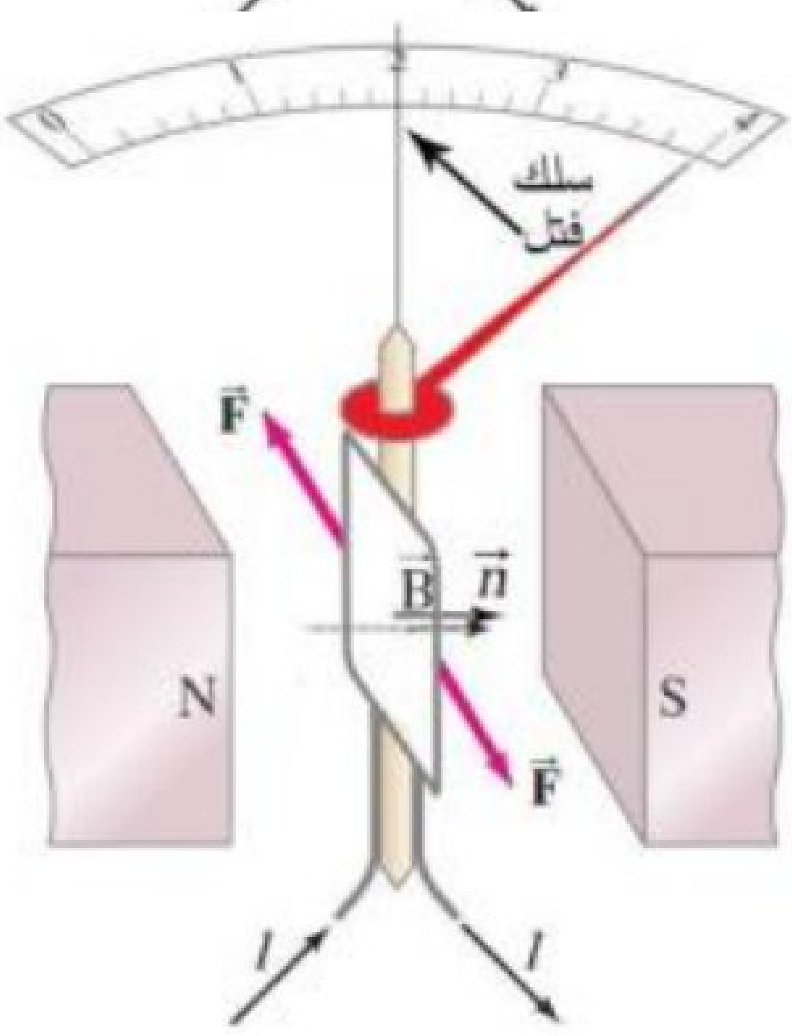
$$F = 125 \times 10^{-3}N$$

❷ $M = NIs = 50 \times 5 \times 25 \times 10^{-4} = 625 \times 10^{-3}A.m^2$

❸ $\Gamma_\Delta = NIsB \sin\alpha$

$$\Gamma_\Delta = 50 \times 5 \times 10^{-2} \times 25 \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Gamma_\Delta = 625 \times 10^{-5}\ m.N$$



❹ $W = I\Delta\Phi$

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

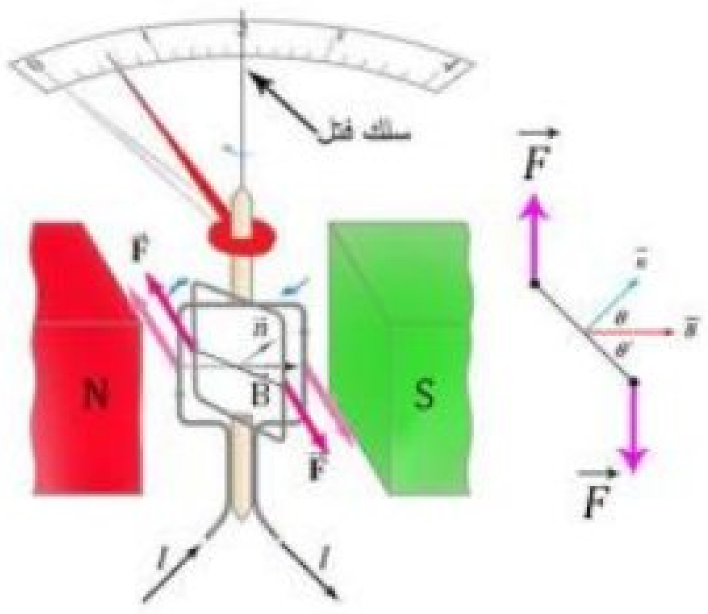
$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\alpha_1 = 0$$

$$\alpha_2 = 0 \Rightarrow \cos\alpha_2 = 1$$

$$W = INBs\left(\cos 0 - \cos\frac{\pi}{2}\right)$$

$$W = 5 \times 50 \times 10^{-2} \times 25 \times 10^{-4}(1 - 0)$$

$$W = 625 \times 10^{-5}\ J$$



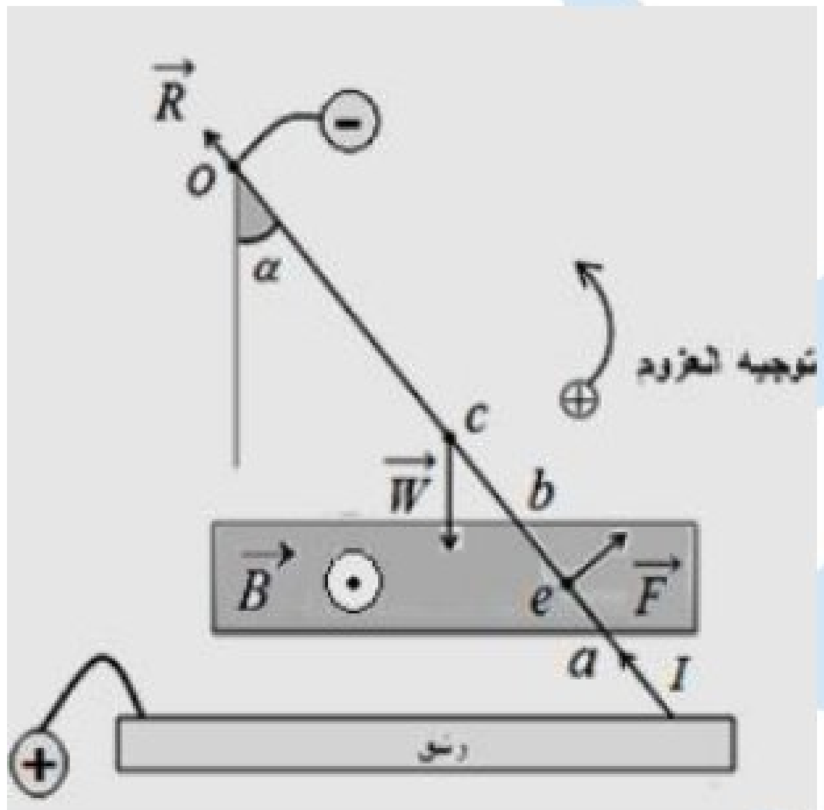
$\sum \overline{\Gamma} = 0$ ❺

$$\overline{\Gamma_\Delta} + \overline{\Gamma'_\eta} = 0$$
$$NIBs\sin\theta - K\theta' = 0$$
صغيرة $\theta' \Rightarrow \sin\theta = \cos\theta' \approx 1$
$$\theta + \theta' = \frac{\pi}{2}$$
$$NIsB - K\theta' = 0$$
$$K = \frac{NsB}{\theta'}I$$
$$K = \frac{50 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-3}}{0.02} = 125 \times 10^{-6}\, m.rad^{-1}$$
$$\theta' = GI \Rightarrow G = \frac{\theta'}{I} = \frac{0.02}{2 \times 10^{-3}} = 10\, rad.A^{-1}$$

❻

$$G' = 10G \Rightarrow \frac{NsB}{k'} = 10 \times \frac{NsB}{k} \Longrightarrow K' = \frac{K}{10}$$
$$K' = \frac{125 \times 10^{-6}}{10} = 125 \times 10^{-7}\, m.N.rad^{-1}$$

المسألة الثانية :



نعلق سلكاً نحاسياً ثخيناً طوله $60cm$ وكتلته $50\ g$ من طرفه العلوي شاقولياً، ونغمس طرفه السفلي في حوض يحتوي الزئبق. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10A$، حيث يؤثر حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $B = 3 \times 10^{-2}T$ على قطعة منه، طولها $4cm$ يبعد منتصفها عن نقطة التعليق $50cm$. استنتج العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول بدلالة أحد نسبها المثلثية، ثم أحسبها.

الحل

جملة المقارنة: خارجية ، الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

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

شرط التوازن الدوراني $\Sigma\overline{\Gamma}_\Delta = 0$
$$\overline{\Gamma}_{\overrightarrow{W}/\Delta} + \overline{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \overline{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$$
$\overline{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي Δ
$$-(oc\sin\alpha)mg + (oe)F + 0 = 0$$
$$(oc\sin\alpha)mg = (oe)ILB\sin\frac{\pi}{2}$$
$$\sin\alpha = \frac{(oe)ILB}{(oc)mg} = \frac{50 \times 10^{-2} \times 10 \times 4 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-2}}{30 \times 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3} \times 10}$$
$$\sin\alpha = 4 \times 10^{-2} < 0.24 \Longrightarrow \alpha \approx \sin\alpha$$
$$\alpha = 4 \times 10^{-2} rad$$

المسألة الثالثة:

دولاب بارلو قطره $20cm$, يمرر فيه كهربائي متواصل I , ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم شدته $B = 10^{-2}T$, فيتأثر الدولاب بقوة كهرطيسية شدتها $F = 4 \times 10^{-2}N$ والمطلوب:

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

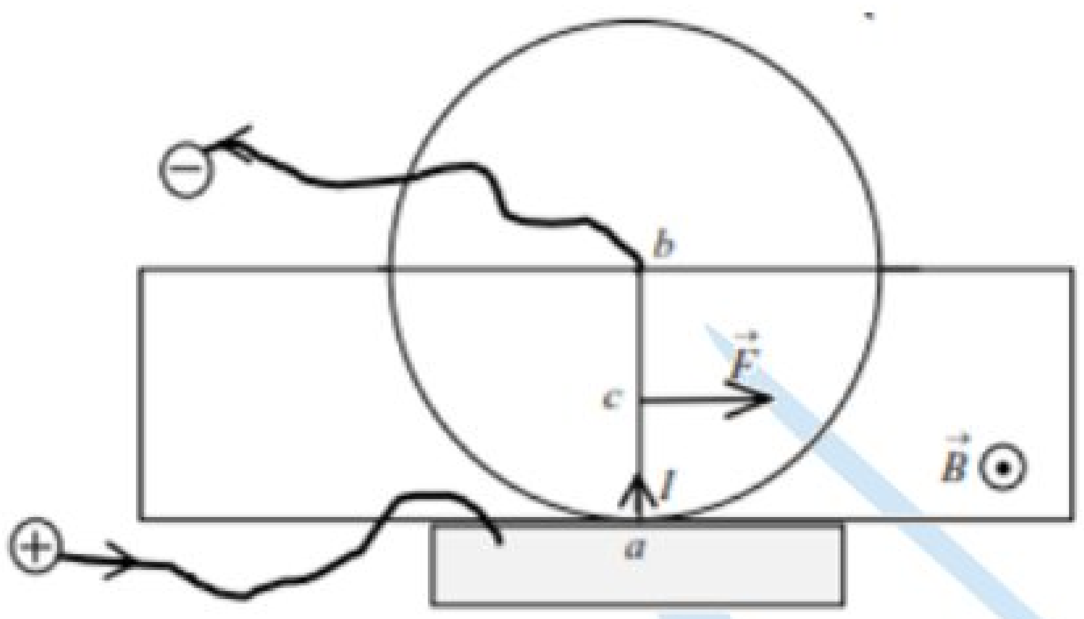
❷ احسب شدة التيار المار في الدولاب.

❸ احسب عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب.

❹ احسب قيمة الكتلة الواجب تعليقها على طرف نصف القطر الأفقي للدولاب لمنعه عن الدوران.

الحل

❶



❷

$$F = IrB\sin\theta$$
$$4 \times 10^{-2} = I \times 10 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 1$$
$$I = \frac{4 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-2} \times 10^{-2}}$$
$$I = 40A$$

❸ $\Gamma = \frac{r}{2}F$

$$\Gamma = \frac{10}{2} \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}$$
$$\Gamma = 20 \times 10^{-4} m.N$$

❹ جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: الدولاب المتوازن.

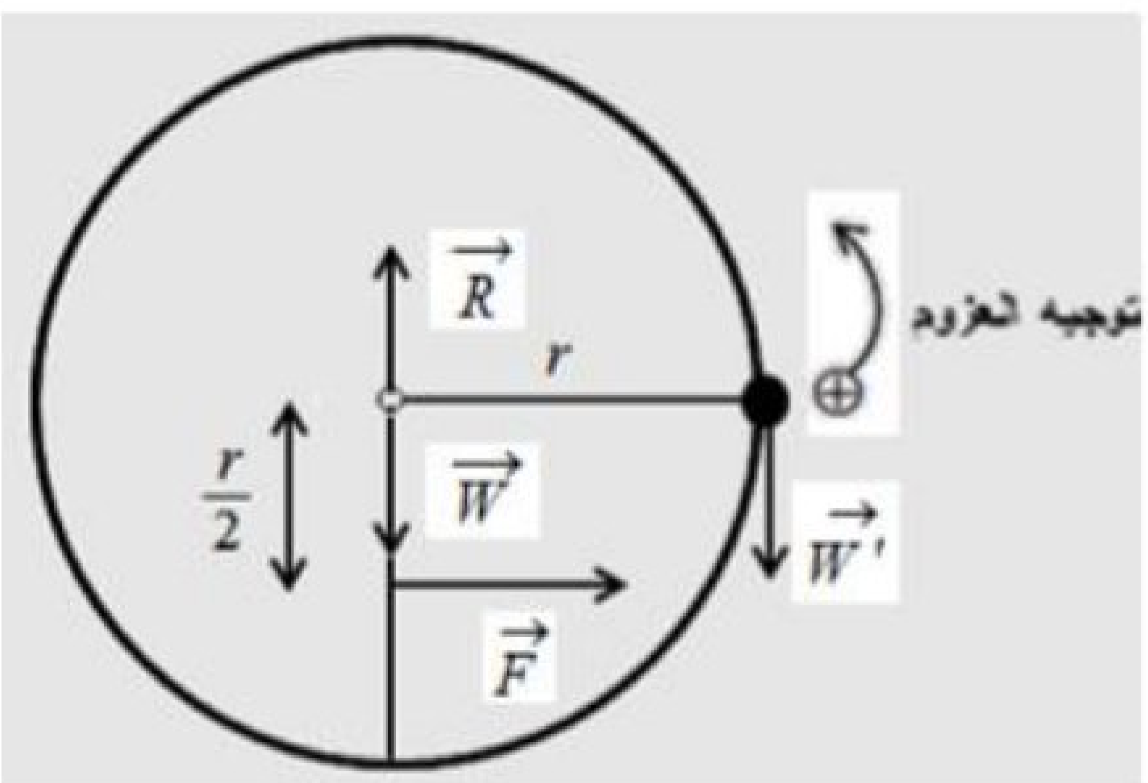
القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الدولاب, $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية, $\vec{R}$ رد فعل محور الدوران, $\vec{W'}$ ثقل الكتلة المضافة.

شرط التوازن الدوراني $\sum \overline{\Gamma}_{\Delta}$

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

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

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



$$0 + \left(\frac{r}{2}\right)F - (r)m'g + 0 = 0$$
$$\left(\frac{r}{2}\right)F = (r)m'g$$
$$m' = \frac{F}{2g} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2 \times 10}$$
$$m' = 2 \times 10^{-3}kg$$

المسألة الرابعة:

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

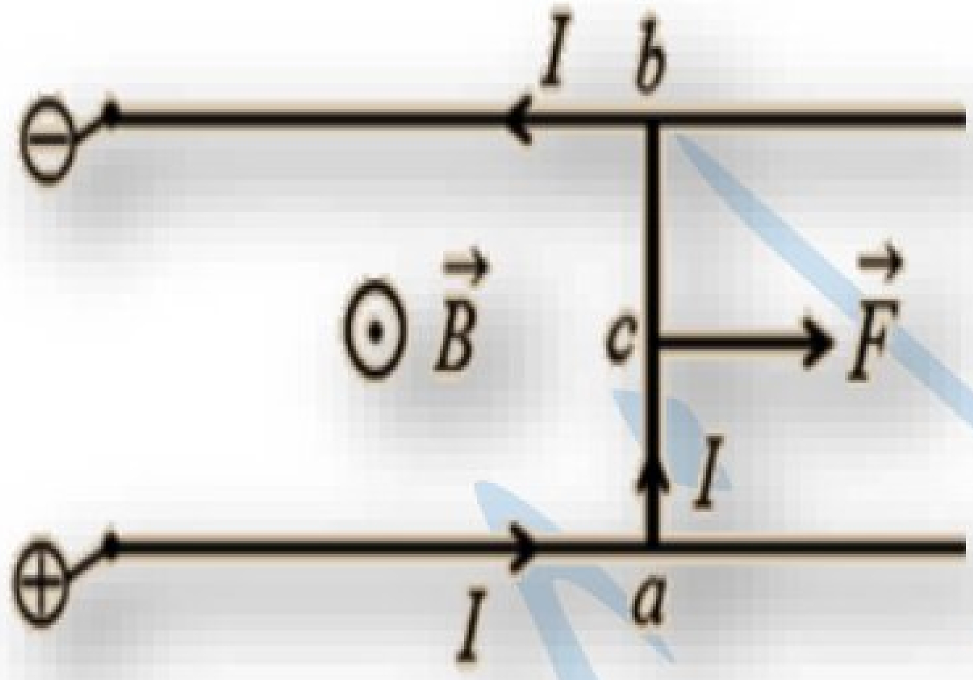
المطلوب:

❶ حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية, ثم احسب شدتها.

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

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

الحل



❶ عناصر شعاع القوة الكهرطيسية $\vec{F}$:

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

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

الجهة: تتحدد وفق قاعدة اليد اليمنى:

التيار يدخل من الساعد, ويخرج من أطراف الأصابع.

شعاع الحقل المغناطيسي يخرج من راحة الكف .يشير الإبهام إلى جهة القوة الكهرطيسية.

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

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

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

❷

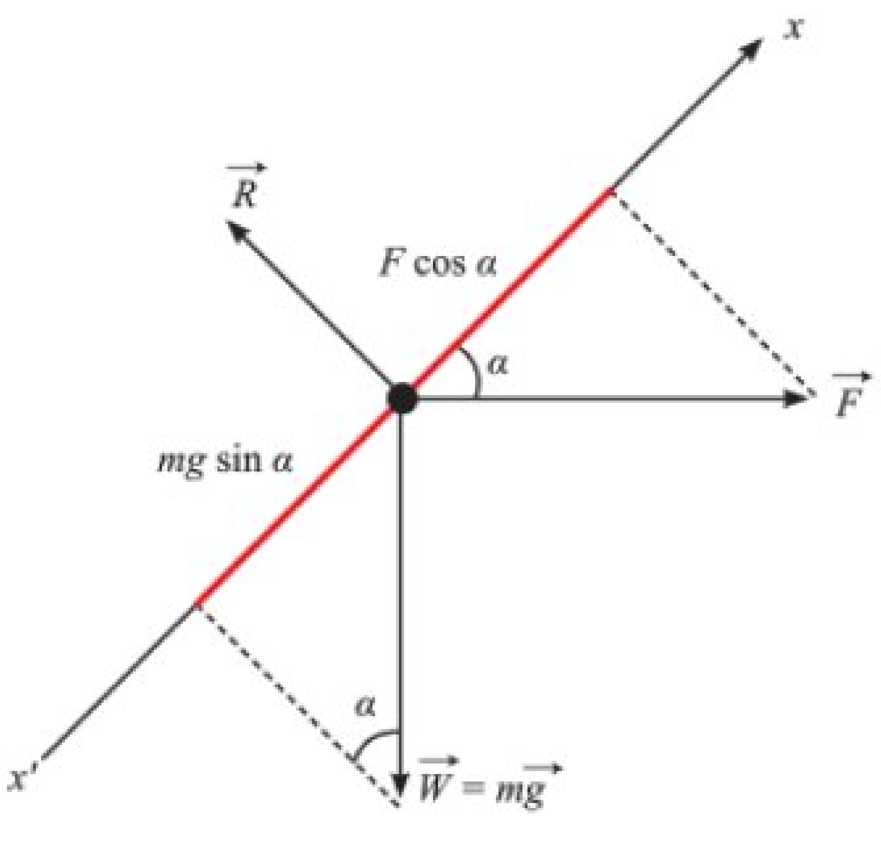
$$W = F\Delta x$$

$$W = 16 \times 10^{-2} \times 15 \times 10^{-2} = 24 \times 10^{-3} J$$

❸ جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ **الساق,** $\vec{F}$ **الكهرطيسية,** $\vec{R}$ **رد فعل السكتين**



$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} = 0$ **بالإسقاط على** $\overrightarrow{xx'}$

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

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

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

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

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

المسألة الخامسة :

نخضع إلكتروناً يتحرك بسرعة $8 \times 10^3 Km.s^{-1}$ إلى تأثير حقل مغناطيسي منتظم ناظمي على شعاع شدته $B = 5 \times 10^{-3} T$ المطلوب:

❶ وازن بالحساب بين شدة ثقل الإلكترون وشدة قوة لورنز المؤثرة فيه. ماذا تستنتج؟

❷ برهن أن حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي هي حركة دائرية منتظمة, ثم استنتج العلاقة المحددة لنصف قطر المسار الدائري, واحسب قيمته.

❸ احسب دور الحركة.

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

الحل

$$W_e = m_e g$$
$$W_e = 9 \times 10^{-31} \times 10$$
$$W_e = 9 \times 10^{-30}$$
$$F = evB \sin\alpha \;, \alpha = \frac{\pi}{2}$$
$$F = 1.6 \times 10^{-19} \times 8 \times 10^{-30} = 64 \times 10^{-16} N$$
$$\frac{W_e}{F} = \frac{9 \times 10^{-30}}{64 \times 10^{-16}} \Rightarrow \frac{W_e}{F} = \frac{9}{64} \times 10^{-14}$$

وبالتالي تهمل قوة ثقل الالكترون أمام قوة لورنز لصغرها

❷يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الإلكترون المتحرك بسرعة $\vec{v}$ بقوة لورنز:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$
$$\vec{F} = m_e \vec{a}$$
$$e\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{e}{m_e} \vec{v} \wedge \vec{B}$$

وحسب خواص الجداء الشعاعي فإن: $\vec{a} \perp \vec{B}\,, \vec{a} \perp \vec{v}$

بما أن $\vec{a} \perp \vec{v}$ فالحركة دائرية منتظمة

$$a = a_c = \frac{v^2}{r}$$
$$\frac{e}{m_e} vB \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{v^2}{r} \Longrightarrow \frac{e}{m_e} B = \frac{v}{r}$$
$$r = \frac{m_e v}{eB}$$
$$r = \frac{9 \times 10^{-31} \times 8 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-3}}$$

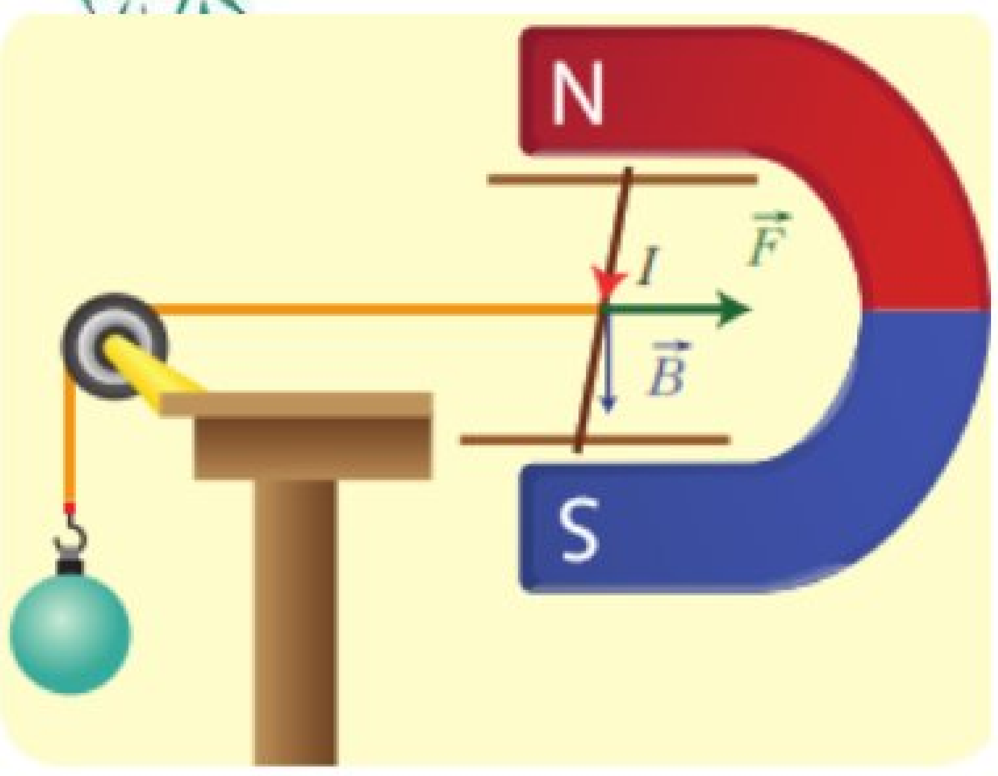
❸

$$r = 9 \times 10^{-3}\, m$$
$$\omega = \frac{v}{r} \Longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Longrightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \times 9 \times 10^{-3}}{8 \times 10^6} = \frac{9\pi}{4} \times 10^{-9} s$$

Marwan Bajjour

المسألة السادسة :

في الشكل المجاور تستند ساق نحاسية طولها $10cm$, وكتلتها $20g$ على سكتين نحاسيتين أفقيتين, وتخضع بكاملها لحقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $B = 2 \times 10^{-2}T$ ويمر بها تيار كهربائي متواصل شدته $15A$ وللحفاظ على توازن هذه الساق نعلق في مركز ثقلها خيطاً لا يمتط كتلته مهملة, مربوط بكتلة,



المطلوب:

❶ احسب كتلة الجسم المعلق.

❷ احسب شدة قوة رد فعل السكتين على الساق.

الحل

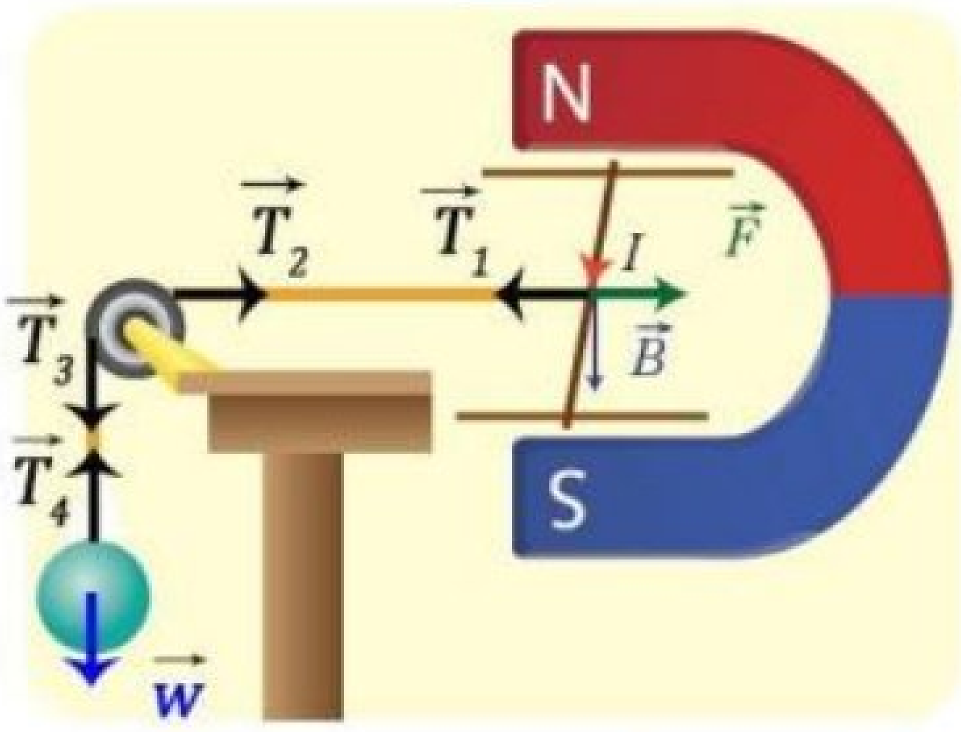
القوة الخارجية المؤثرة: على الساق

$\vec{W}$: ثقل الساق $\vec{R}$: رد فعل الساق $\vec{F}$: القوة الكهرطيسية

$\vec{T}_1$: قوة توتر الخيط

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

$$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} + \vec{T}_1 = \vec{0}$$



بالإسقاط على محور أفقي موجه بجهة القوة الكهرطيسية.

$$-T_1 + F = 0$$
$$T_1 = F \dots (1)$$

تؤثر على الكتلة القوة $\vec{W'}$: ثقل الكتلة $\vec{T}_1$: قوة توتر الخيط

بسبب توازن الكتلة: $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{W'} + \vec{T}_2 = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي وموجه نحو الأسفل:

$$W' - T_2 = 0$$
$$\Rightarrow T_2 = W' \dots (2)$$
$$T_1 = T_2$$
$$F = W' \Rightarrow ILB \sin\frac{\pi}{2} = m'g$$
$$m' = \frac{ILB}{g} = \frac{15 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-2}}{10} = 3 \times 10^{-3}kg$$

وهي كتلة الجسم.

❷بسبب توازن الساق: $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} + \vec{T}_1 = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

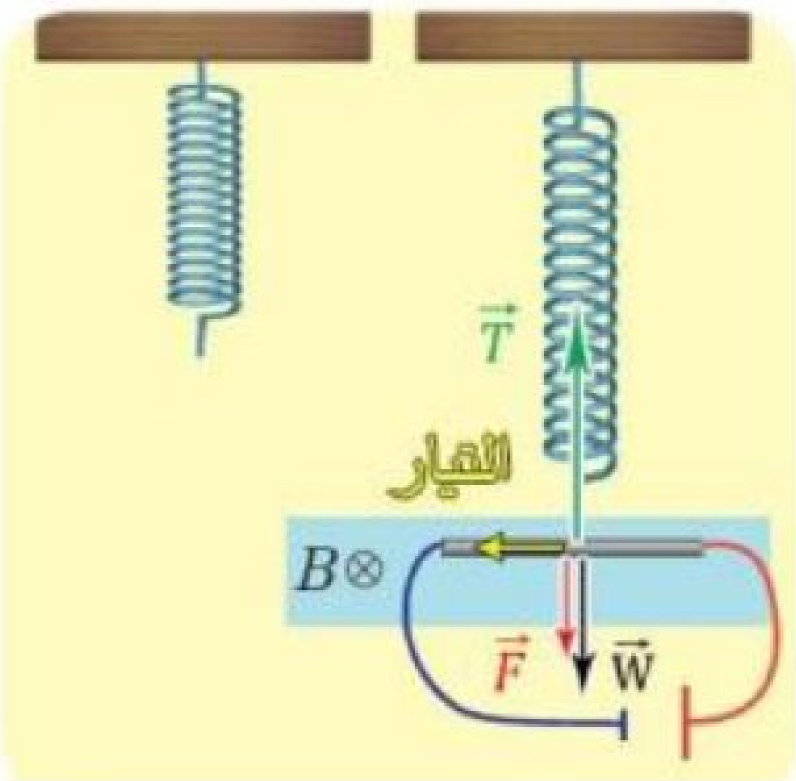
$$-W + 0 + 0 + R = 0$$
$$R = W = mg = 2 \times 10^{-2} \times 10$$
$$= 0.2N$$

المسألة السابعة :

ساق نحاسية طولها $80cm$ نحركها بسرعة أفقية ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $0.05T$ فيكون فرق الكمون بين طرفي الساق $0.4V$. والمطلوب:

❶ استنتج العلاقة المحددة لسرعة الساق واحسب قيمتها.

❷ نأخذ الساق النحاسية ونعلقها من منتصفها ضمن منطقة الحقل السابق بنابض مرن شاقولي مهمل الكتلة ثابت صلابته $100N.m^{-1}$ ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته $20A$ فتتوازن الساق بعد أن يستطيل النابض بمقدار $20m$ عن طوله الأصلي:



(a) حدد على الرسم القوى الخارجية المؤثرة على الساق.

(b) استنتج بالرموز العلاقة المحددة لكتلة الساق واحسب قيمتها.

الحل

❶ تتحرك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ خلال زمن Δt تقطع مسافة: $\Delta x = v\Delta t$

يتغير السطح بمقدار: $\Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار $\Delta\Phi = BLv\Delta t$

يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = BLv$

وبما أن الدارة مفتوحة فإن فرق الكمون بين طرفي الساق يساوي القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$U = \varepsilon = BLv$$

$$v = \frac{U}{BL} = \frac{0.4}{0.5 \times 80 \times 10^{-2}} = 1m.s^{-1}$$

❷

(a) القوى الخارجية المؤثرة:

$\vec{F}_s$: قوة توتر النابض

$\vec{F}$: القوة الكهرطيسية

$\vec{W}$: ثقل الساق

(b) $\sum \vec{F} = \vec{0}$

بما أن الساق متوازنة: $\vec{W} + \vec{F}_s + \vec{F} = \vec{0}$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$W + F - F_s = 0$$

$$mg = F_s - F$$

$$m = \frac{Kx_0 - ILB\sin\frac{\pi}{2}}{g}$$

$$m = \frac{100 \times 20 \times 10^{-2} - 20 \times 80 \times 10^{-2} \times 0.5 \times 1}{10} = 2 - 0.8 = 1.2\ Kg$$

التحريض الكهرطيسي

المسألة الأولى :

في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة عمودياً عليهما $30cm$, وكتلتها $60g$ والمطلوب:

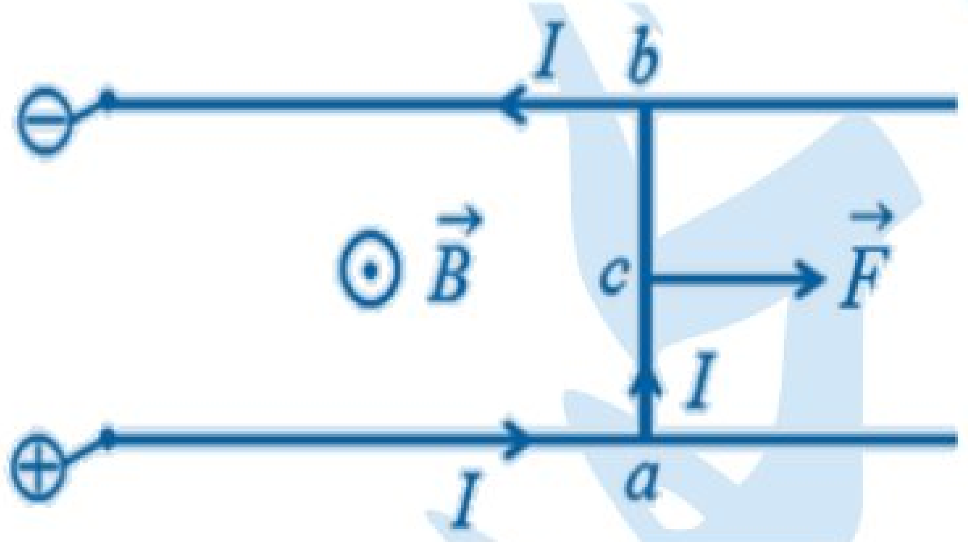
❶ احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في السكتين لتكون شدة القوة الكهرطيسية مساوية مثلي ثقل الساق, وذلك عند إمرار تيار كهربائي شدته $20A$.

❷ احسب عمل القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق إذا تدحرجت بسرعة ثابتة قدرها $0.4ms^{-1}$ لمدة ثانيتين.

❸ نرفع المولد من الدارة السابقة, ونستبدله بمقياس غلفاني, وندحرج الساق بسرعة وسطية ثابتة $5ms^{-1}$ ضمن الحقل السابق. استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة, ثم احسب قيمتها, واحسب شدة التيار المتحرض بافتراض أن المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتساوي 5Ω, ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبين جهة كل من $(\vec{v},\vec{B})$ وجهة التيار المتحرض.

❹ احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة, ثم احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق اثناء تدحرجها.

الحل



❶ $F = 2w = 2mg$

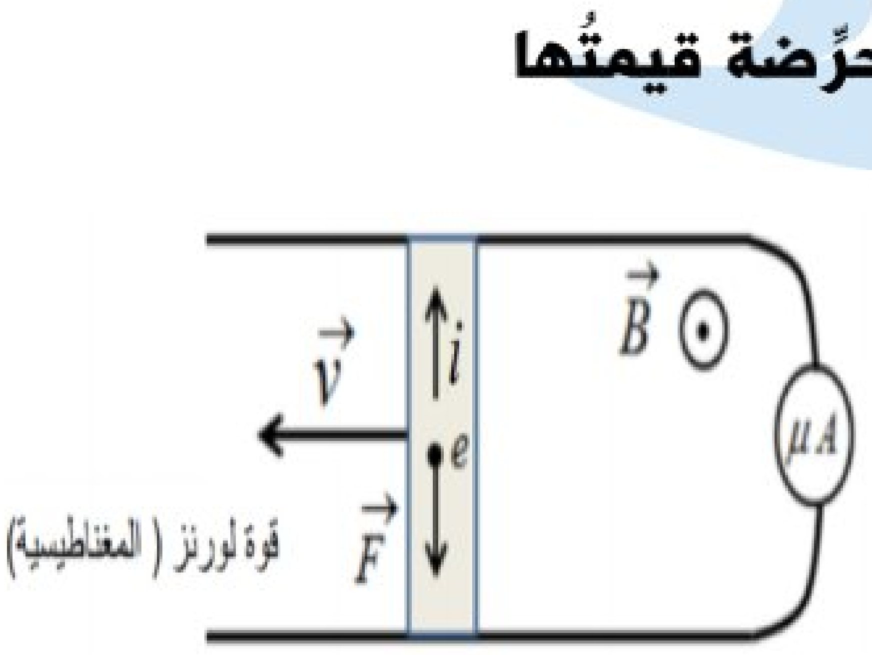
$$ILB\sin\frac{\pi}{2} = 2mg$$

$$B = \frac{2mg}{IL} = \frac{2\times 60\times 10^{-3}\times 10}{20\times 3\times 10^{-1}} = 2\times 10^{-1}\boldsymbol{T}$$

❷ $W = F\Delta x = Fv\Delta t = ILB\sin\frac{\pi}{2}v\Delta t$

$$W = 20\times 3\times 10^{-1}\times 2\times 10^{-1}\times 0.4\times 2 = 96\times 10^{-2}J$$

❸ عندَ تحريكِ السَّاق بسرعةٍ ثابتةٍ $\vec{v}$ عموديّة على شُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم $\vec{B}$ خلالَ فاصلٍ زمنيّ Δt، تنتقلُ السّاقُ مسافةً: $\Delta x = v\Delta t$ 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 قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضة قيمتُها المُطلَقة:



$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t} = BLv = 2\times 10^{-1}\times 3\times 10^{-1}\times 5$$

$$= 3\times 10^{-1}V$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{3\times 10^{-1}}{5} = 6\times 10^{-2}A$$

❹ الاستطاعةُ الكهربائيّة النّاتجة:

$$P = \varepsilon i = 3\times 10^{-1}\times 6\times 10^{-2} = 18\times 10^{-3}Watt$$

$$F = ILB\sin\frac{\pi}{2} = 6\times 10^{-2}\times 3\times 10^{-1}\times 2\times 10^{-1} = 36\times 10^{-4}N$$

المسألة الثانية :

سكتان نحاسيتان متوازيتان, تميل كل منهما على الأفق بزاوية 45°, تستند إليهما ساق نحاسية طولها $l = 40cm$, تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $0.8T$, نغلق الدارة ثم تترك لتنزلق دون احتكاك بسرعة ثابتة, قيمتها $2ms^{-1}$.

المطلوب:

❶ بين أنه تنشأ قوة كهرطيسية تعيق حركة الساق.

❷ استنتج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة ثم احسب قيمتها إذا كانت شدة التيار المتحرض المتولد فيها $\sqrt{2}A$.

❸ استنتج العلاقة المحددة لكتلة الساق, ثم احسب قيمتها.

الحل

❶ عند تحريك الساق بسرعة ثابتة، عمودية على خطوط الحقل المغناطيسي فإنّ كل إلكترون حرّ في الساق سيتحرك بهذه السرعة وسطيا ، ومع خضوعه لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم فإنّه يخضع لتأثير القوة مغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v}\wedge\vec{B}$ وبتأثير هذه القوّة تتحرك الإلكترونات الحرة عبر الدارة فيتولّد تيار كهربائي متحرّض ينتج أفعالا تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه فينشأ القوة الكهرطيسية معاكسة جهة حركة الساق.

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

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

يتغيَّرُ التَّدفُّقُ بمقدارِ: $\Delta\phi = B\Delta s\ cos\alpha = BLv\Delta t cos\alpha$

فتتولّدُ قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ مُتحرِّضة قيمتُها المُطلَقة:

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

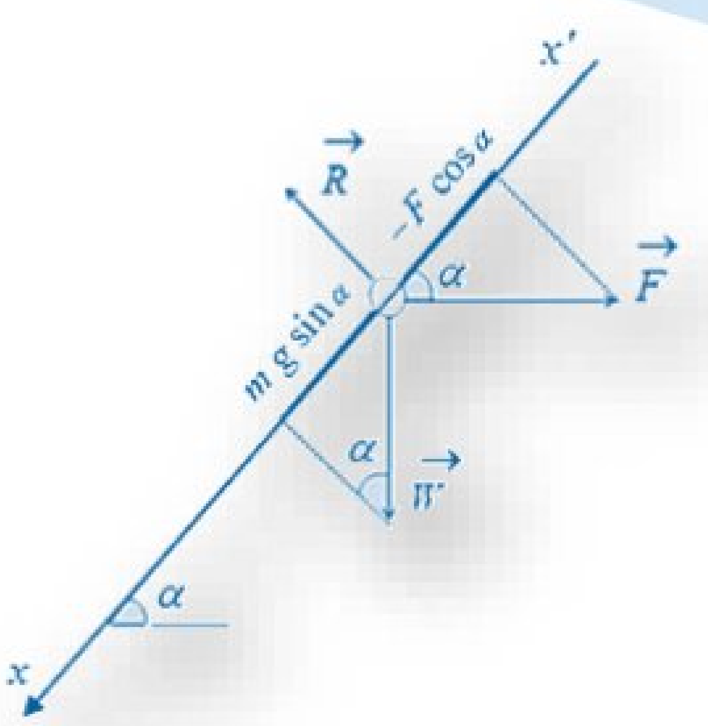
وبما أنّ الدّارةَ مُغلَقةٌ يمرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ مُتحرِّضٌ شدّتُه:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = i = \frac{BLv\ cos\alpha}{R} \Longrightarrow R = \frac{BLv\ cos\alpha}{i} = \frac{8\times10^{-1}\times40\times10^{-2}\times2\times\frac{1}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} = 32\times10^{-2}\Omega$$

❸ جملة المقارنة: خارجية

الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

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



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

بالإسقاط على $\overrightarrow{xx'}$

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

$$mg\ sin\,\alpha = F\ cos\,\alpha \Longrightarrow mg\ tan\,\alpha = iLB\ sin\frac{\pi}{2}$$

$$m = \frac{iLB\ sin\frac{\pi}{2}}{g\ tan\,\alpha} = \frac{\sqrt{2}\times40\times10^{-2}\times8\times10^{-1}\times1}{10\times1}$$

$$= 32\sqrt{2}\times10^{-3}kg$$

المسألة الثالثة :

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 1000 لفة نصف قطر مقطعها $2cm$ ومقاومة دارتها الكهربائية المغلقة 5Ω مؤلفة من سلك نحاسي معزول قطر مقطعه $\frac{\pi}{500}m$

المطلوب:

❶ احسب طول سلك الوشيعة واحسب عدد الطبقات.

❷ احسب ذاتية الوشيعة.

❸ نعلق الوشيعة من منتصفها بسلك شاقولي عديم الفتل ونجعل محورها أفقياً عمودياً على خطوط حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $10^{-2}T$ ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته $4A$

المطلوب:

a. احسب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية 30°.

b. احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة مرور التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية 60°.

❹ نقطع التيار السابق عن الوشيعة وهي في وضع التوازن المستقر ثم نديرها حول السلك الشاقولي خلال $0.5s$ ليصبح محورها عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي المطلوب:

a. احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة.

b. احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق.

❺ نعيد الوشيعة إلى وضع التوازن المستقر ثم ندخل بداخلها نواة حديدية عامل نفاذيتها المغناطيسي 50 احسب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية واحسب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة.

الحل

❶ حساب طول سلك الوشيعة:

$$N = \frac{\ell'}{2\pi r} \Rightarrow \ell' = 2\pi r N$$

$$\ell' = 2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 1000 = 40\pi\ m$$

حساب عدد الطبقات:

$$\text{عدد الطبقات} = \frac{N}{N'}$$

حساب N':

$$N' = \frac{\ell}{2r'} = \frac{\frac{2\pi}{5}}{\frac{\pi}{500}} = 200 \text{ لفة}$$

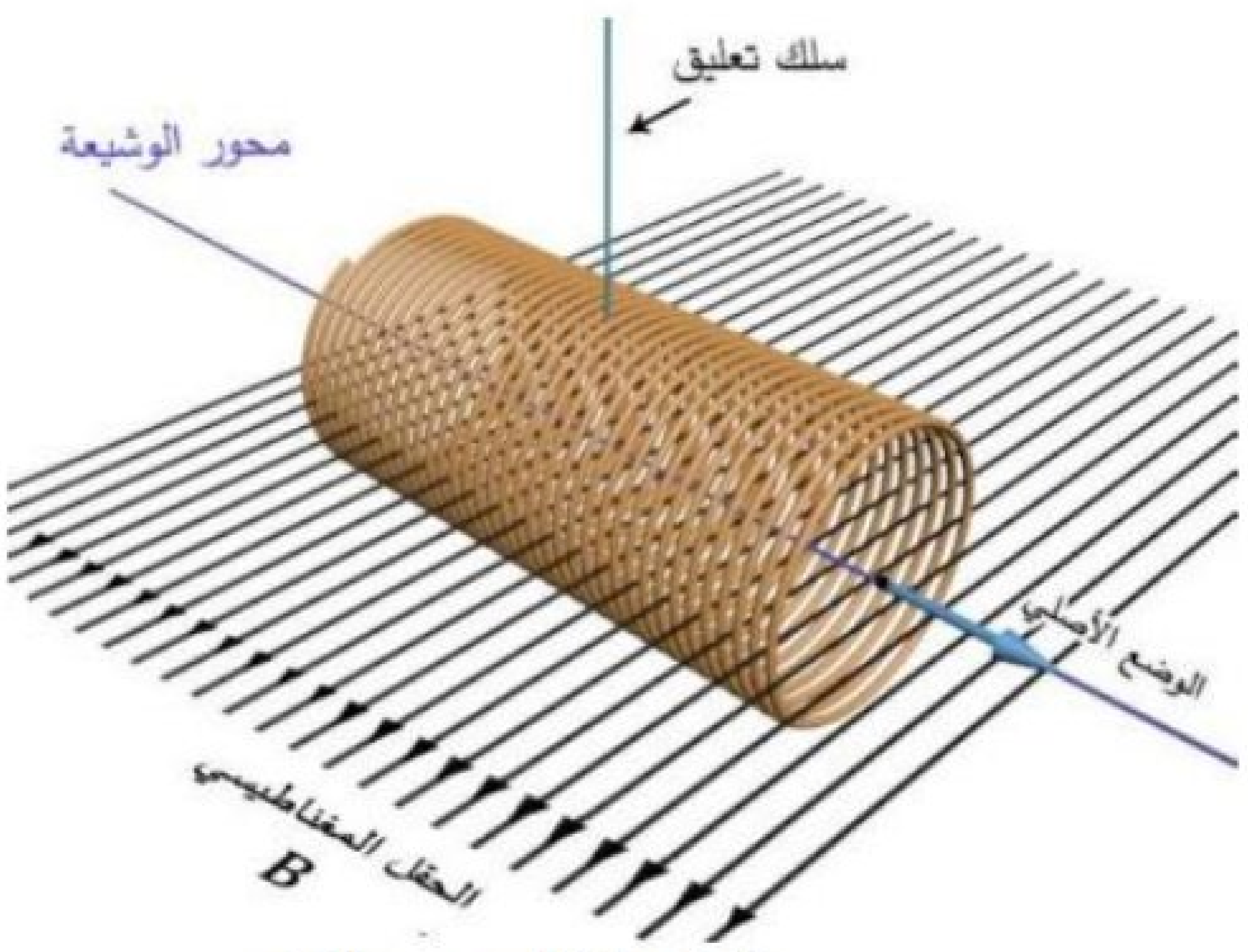
$$\text{عدد الطبقات} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ طبقات}$$

❷ حساب ذاتية الوشيعة:

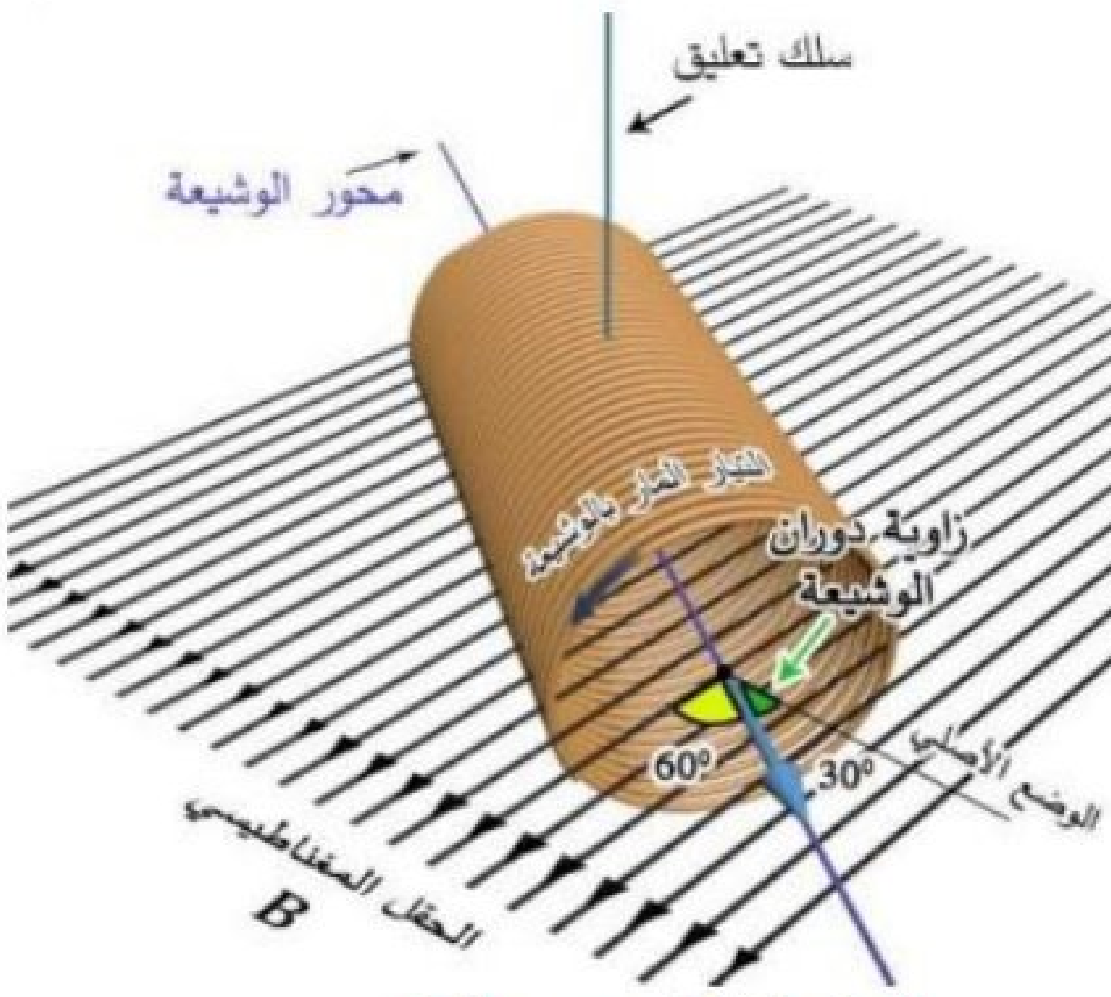
$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2 S}{\ell} = 4\pi \times 10^{-7}\frac{10^6 \times 4\pi \times 10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}} = 125 \times 10^{-5}\ H$$

Marwan Bajjour

❸



الوشيعة قبل مرور التيار



الوشيعة أثناء مرور التيار

(a) **حساب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية** 30°.

$$\Gamma_{\Delta} = NIBs \sin\alpha$$

$$\Gamma_{\Delta} = 1000 \times 4 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$$

$$\Gamma_{\Delta} = 25 \times 10^{-3}\ m.N$$

(b) **حساب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة إمرار التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية** 60°.

$$W = I\Delta\Phi = INSB(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$$

$$W = 4 \times 1000 \times 10^{-2} \times 4\pi \times 10^{-4}\left(\frac{1}{2} - 0\right)$$

$$W = 25 \times 10^{-3}\ J$$

❹ (a) **حساب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة:**

$$i = -\frac{\Delta\Phi}{R\Delta t} = \frac{1000 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times (0-1)}{5 \times 0.5}$$

$$i = 5 \times 10^{-3}\ A$$

(b) **حساب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق:**

$$q = i\Delta t = 5 \times 10^{-3} \times 0.5 = 25 \times 10^{-3}\ C$$

❺ **حساب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية:**

$$\mu = \frac{B'}{B} \Rightarrow B' = \mu\, B = 50 \times 10^{-2}$$

$$B' = 0.5\ T$$

حساب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة:

$$\Phi = NB's\cos\alpha = 1000 \times 0.5 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 1$$

$$\Phi = \frac{\pi}{5} Weber$$

المسألة الرابعة :

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 200 لفة ومساحة مقطعها $20cm^2$ حيث المقاومة الكلية لدارتها المغلقة 5Ω

❶ نضع الوشيعة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي ثابت المنحى وجهة خطوطه توازي محور الوشيعة, نزيد شدة هذا الحقل بانتظام خلال $0.5s$ من 0.04 إلى $0.06T$:

a. حدد على الرسم جهة كل من الحقلين المغناطيسيين المحرض والمتحرض في الوشيعة وعين جهة التيار المتحرض.

b. احسب القيمة الجبرية لشدة التيار الكهربائي المتحرض المار في الوشيعة.

c. احسب ذاتية الوشيعة.

❷ نزيل الحقل المغناطيسي السابق ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية

$$\bar{i} = 6 + 2t$$

a. احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية في الوشيعة.

b. احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي لحقل الوشيعة في اللحظتين :

$$t_1 = 0, t_2 = 1s$$

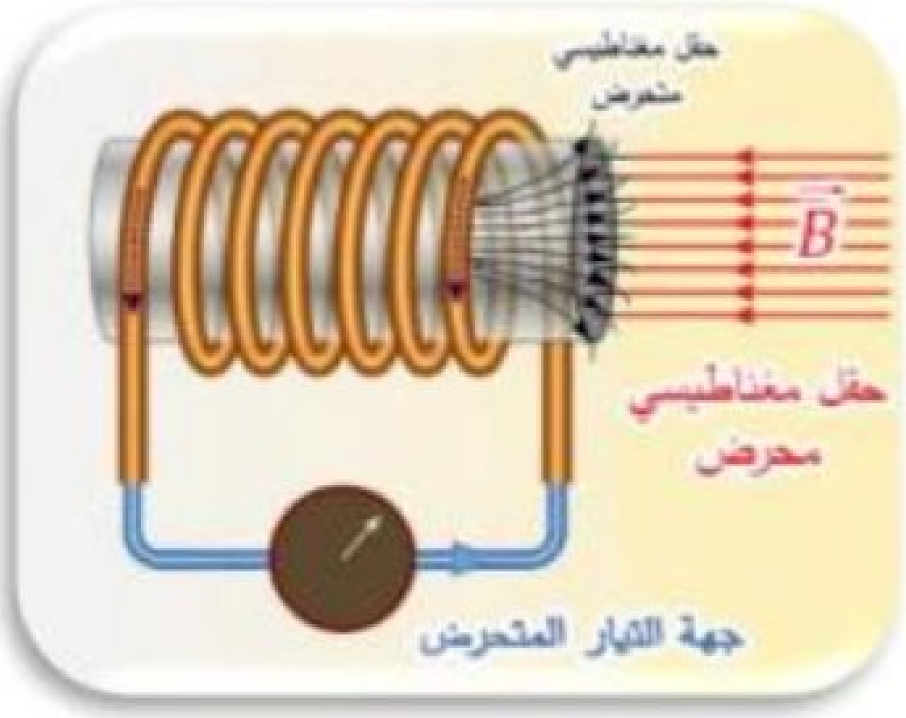
c. نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10A$ بدل التيار السابق. احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

الحل

❶ (a) نلاحظ أن شدة الحقل المغناطيسي قد ازدادت وبالتالي يزداد التدفق وبالتالي:

$$\Delta\Phi > 0$$
$$\varepsilon > 0$$

$\vec{B}$محرض, $\vec{B'}$ متحرض على حامل واحد وبجهة واحدة.



(b) حساب شدة التيار الكهربائي المتحرض:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$$

$$i = -\frac{N(\Delta B)S\cos\alpha}{R\Delta t} = -\frac{200 \times 0.02 \times 20 \times 10^{-4} \times 1}{5 \times 0.5}$$

$$i = -32 \times 10^{-4}\ A$$

(c) **حساب ذاتية الوشيعة:**

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{\ell} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}}$$

$$L = 8 \times 10^{-5}\ H$$

❷ (a)**حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية:**

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} = 8 \times 10^{-5} \times = -16 \times 10^{-5} V$$

(b) **حساب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي لحقل الوشيعة في اللحظتين:**

$$t_1 = 0, t_2 = 1s$$

$$\Phi = L\, i$$

$$\Delta\Phi = L(i_2 - i_1)$$

$$\Delta\Phi = 8 \times 10^{-5}(8 - 6)$$

$$\Delta\Phi = 16 \times 10^{-5}\ Weber$$

(c) **حساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة:**

$$E = \frac{1}{2} L\, I^2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-5} \times 100 = 4 \times 10^{-3}\ J$$

المسألة الخامسة :

إطار مربع الشكل طول ضلعه $4cm$, مؤلف من 100 لفة متماثلة من سلك النحاسي معزول, ندير الإطار حول محور شاقولي مار من مركزه ومن ضلعيين أفقيين متقابلين بحركة دائرية منتظمة تقابل $\frac{10}{\pi}Hz$ ضمن حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $5 \times 10^{-2}T$, خطوطه ناظمية على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة ومقاومتها $R = 4\Omega$.

المطلوب:

❶ اكتب التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة في الإطار.

❷ عين اللحظتين الأولى والثانية التي تكون فيها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة.

❸ اكتب التابع الزمني لشدة التيار الكهربائي المتحرض اللحظي المار في الإطار. (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل

❶ التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الأنية :

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

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

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

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

$$\bar{\varepsilon} = 16 \times 10^{-2}\, sin20t$$

❷

$$\bar{\varepsilon} = 16 \times 10^{-2}\, sin20t = 0 \Rightarrow sin20t = 0$$

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

لحظة الانعدام الأولى

$$k = 0 \Rightarrow t = 0$$

لحظة الانعدام الثانية

$$k = 1 \Rightarrow t = \frac{\pi}{20}s$$

❸

$$\bar{i} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{16 \times 10^{-2}\, sin20t}{4} = 4 \times 10^{-2}\, sin20t$$

المسألة الخامسة :

ملف دائري, يتألف من 100 لفة متماثلة, نصف قطره الوسطي $4cm$, نصل طرفيه بمقياس ميلي أمبير موصولاً على التسلسل مع مقاومة أومية قيمتها 20Ω , نقرب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم, فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الدائري بانتظام من الصفر إلى $0.08T$ خلال $2s$.

المطلوب:

❶ أحسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري محدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض.

❷ حدد جهة الوجه المقابل للقطب الشمالي.

❸ احسب شدة التيار المارة في الملف.

❹ احسب الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري, ثم الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية, ماذا تستنج.

الحل

❶ حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري:

$$\overline{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\phi}}{\Delta t} = -\frac{N\overline{(\Delta B)}S\cos\alpha}{\Delta t} \quad , \alpha = (\widehat{\vec{n},\vec{B}}) = 0$$

$$\overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0.08 - 0 = 0.08T$$

$$S = \pi r^2 = 16\pi \times 10^{-4} m^2$$

$$\overline{\varepsilon} = -\frac{100 \times 0.08 \times 16\pi \times 10^{-4} \times 1}{2} = -2 \times 10^{-2} V$$

نلاحظ أن $\overline{\varepsilon} < 0$ وحسب لنز $\vec{B}$ محرض, $\overrightarrow{B'}$ متحرض بجهتين متعاكستين. أي ϕ محرض يعاكس ϕ' متحرض.

❷ الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي.

❸ شدة التيار المارة في الملف: $\overline{i} = \frac{\overline{\varepsilon}}{R} = \frac{-2\times10^{-2}}{20} = -10^{-3}\,A$

❹ الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري:

$$P = \varepsilon i = 2 \times 10^{-2} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-5} Wat$$

الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية:

$$P' = Ri^2 = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5} Wat$$

نستنتج أن الاستطاعة الكهربائية قد تحولت إلى استطاعة حرارية.