

☆ بسيطة

الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

الإطار والمقياس الغلفاني

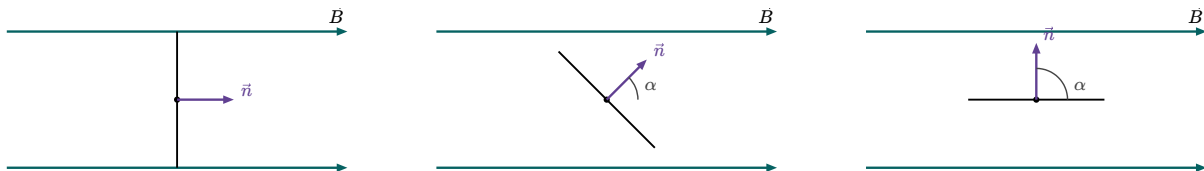
إطارٌ يمرّ فيه تيارٌ في حقلٍ مغناطيسيٍّ، وقاعدة التدفق الأعظمي، وعزم المزدوجة الكهرطيسية، والمقياس الغلفاني الكهربياء والمغناطيسية . الوحدة 2 . الدرس 2 (2 من 2)

إطارٌ من لّقاتٍ يمرّ فيه تيارٌ، معلّق بين قطبي مغناطيس، يدور. هذه الحركة هي أساس المقياس الغلفاني والمحرك. نتابع مع الكتاب في الصفحات 91 إلى 93، ونحلّ المسألة الثالثة من الصفحة 97. وهذا من أكثر ما يتكرّر في امتحانات الفيزياء: جاء الإطار مسألةً في سبعٍ من ست عشرة ورقة امتحانٍ قرأناها من 2016 إلى 2026، وفي دمشق 2026 جاءت مسألة تشبه مسألة الكتاب الثالثة.

الإطار في حقلٍ مغناطيسيٍّ

في تجربة الكتاب، الصفحة 91، إطارٌ مستطيلٌ معلّق بسلكٍ عديم الفتل بين قطبي مغناطيسٍ نضويٍّ، وخطوط الحقل توازي مستويه. حين نمرّر التيار يدور الإطار.

تذكّر: «عند إمرار التيار الكهربائي في الإطار المُعلّق بسلكٍ عديم الفتل يدور ويستقرّ عندما تصبح خطوط الحقل المغناطيسي عموديّةً على مُستوي الإطار (تدقّق أعظمي)». الكتاب، الصفحة 91.



1. $\alpha = \frac{\pi}{2}$: مستوي الإطار يوازي الحقل: التدفق معدوم، والعزم أعظمي.
2. **الإطار يدور:** تقلّ α ويزداد التدفق الذي يجتاز الإطار من وجهه الجنوبي.
3. $\alpha = 0$: الحقل عموديٌّ على مستوي الإطار: التدفق أعظمي، والعزم معدوم، فيستقرّ الإطار.

الإطار من الأعلى في ثلاث لحظات، و α بين $\vec{B}$ والناظم $\vec{n}$. الرسم من عندنا.

تذكّر: قاعدة التدفق الأعظمي، الكتاب، الصفحة 91: «إذا أثر حقلٌ مغناطيسيٌّ في دائرة كهربائيةٍ مُغلقةٍ حرّة الحركة، تحرّكت بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقرّ في وضع يكون التدفق المغناطيسي أعظمياً.»

عزم المزدوجة الكهرطيسية

يؤثر الحقل في الضلعين الشاقوليين للإطار بقوةين متعاكستين، شدة كل منهما $F = NILB$ لأن كل ضلع عمودي على الحقل. وذراع المزدوجة، الكتاب، الصفحة 91، $d' = d \sin \alpha$ ، حيث d طول الضلع الأفقي:

نتبع الكتاب، الصفحتان 91 و 92: إطار من N لفة، طول ضلعه الشاقولي L والأفقي d .

$$\Gamma_{\Delta} = ?$$

1. العزم شدة القوة في ذراع المزدوجة:

$$\begin{aligned}\Gamma_{\Delta} &= d' F \\ \Gamma_{\Delta} &= NILB d \sin \alpha\end{aligned}$$

2. المساحة $s = Ld$ مساحة سطح الإطار:

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

«يُسمى الجداء NIs بالعزم المغناطيسي M ». الكتاب، الصفحة 92. وشعاعه ناظمي على مستوي الإطار ويخرج من وجهه الشمالي:

$$\begin{aligned}\vec{M} &= NI\vec{s} \\ \vec{\Gamma}_{\Delta} &= \vec{M} \wedge \vec{B}\end{aligned}$$

انتبه: α بين الحقل والناظم. إذا كان مستوي الإطار يوازي الحقل فإن $\alpha = \frac{\pi}{2}$ والعزم أعظمي، وإذا كان الحقل عمودياً على مستويه فالعزم معدوم.

إطار من 50 لفة مساحته 20 cm^2 ، يمرّ فيه 0.1 A ، ومستويه يوازي حقلاً شدته 0.2 T . ما عزم المزدوجة؟

كيف أبدأ؟ مستوي الإطار يوازي الحقل، فما α ؟ وحول المساحة إلى المتر المربع.

$$\Gamma_{\Delta} = 0 \quad (\text{أ})$$

$$\Gamma_{\Delta} = 2 \times 10^{-3} \text{ N.m} \quad (\text{ب})$$

$$\Gamma_{\Delta} = 20 \text{ N.m} \quad (\text{ج})$$

ب. نعم: $\Gamma_{\Delta} = 50 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-3} \times 0.2 \times 1 = 2 \times 10^{-3} \text{ N.m}$.

في أيّ وضعٍ يستقرّ إطارُ حُرّ الحركة يَمُرّ فيه تيارٌ في حقلٍ مغناطيسيٍّ منتظمٍ؟

| كيف أبدأ؟ تذكر قاعدة التدفق الأعظمي.

(أ) حين يجتازه الحقل عمودياً من وجهه الجنوبيّ

(ب) حين يكون مستويّه موازياً للحقل

(ج) لا يستقرّ بل يدور باستمرار

أ. نعم: عندئذٍ التدفقُ أعظميٍّ والعزمُ معدوم. ولو اجتازه من وجهه الشماليّ لانعدم العزم أيضاً، لكنّ التوازن هناك غير مستقرّ.

من الكتاب: إطارٌ وسلكٌ فتل

المسألة الثالثة، الكتاب، الصفحة 97: إطارٌ مستطيلٌ فيه 100 لفةً، مساحته $4\pi \text{ cm}^2$ ، معلقٌ بسلكٍ عديم الفتل في حقلٍ

أفقيٍّ منتظمٍ شدّته $4 \times 10^{-2} \text{ T}$ يوازي مستويّه، ويمرّ فيه $\frac{1}{10\pi} \text{ A}$. احسب العزم لحظة إمرار التيار، ثمّ العمل حتّى

وضع التوازن المستقرّ.

$$\Gamma_{\Delta}, W = ?$$

1. العزم مستوي الإطار يوازي الحقل: $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ، و $s = 4\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\Gamma_{\Delta} &= 100 \times \frac{1}{10\pi} \\ &\times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \\ \Gamma_{\Delta} &= 1.6 \times 10^{-4} \text{ N.m}\end{aligned}$$

2. العمل بنظرية مكسويل، والتدفق من الصفر إلى الأعظمي:

$$\begin{aligned}W &= I \Delta \Phi = I N B s \\ W &= 1.6 \times 10^{-4} \text{ J}\end{aligned}$$

العزم الأعظمي والعمل لهما هنا القيمة العددية نفسها، لأنّ $I N B s$ يظهر في كليهما:

$$\Gamma_{\Delta} = N I s B \sin \alpha$$

الطلب الثاني: نستبدل بالسلك سلك فتلي شاقوليّ ثابت فتله K ، بحيث يوازي مستوي الإطار خطوط الحقل، ونمرّر 2 mA ،

فيدور الإطار 30° ثمّ يتوازن. نصّ الكتاب يحتمل قراءتين، ونقرأ الزاوية هنا زاوية دورانٍ من الوضع الموازي للحقل، فتصبح

الزاوية بين الحقل والناظم $\alpha = 60^\circ$.

$$\Phi, K = ?$$

1. التدفق عند التوازن $\cos 60^\circ = 0.5$:

$$\begin{aligned}\Phi &= N B s \cos \alpha \\ \Phi &= 100 \times 4 \times 10^{-2} \\ &\times 4\pi \times 10^{-4} \times 0.5 \\ \Phi &\approx 2.51 \times 10^{-3} \text{ Wb}\end{aligned}$$

2. شرط التوازن الدوراني عزم المزدوجة الكهرومغناطيسية يساوي عزم مزدوجة الفتل، وزاوية الفتل $\theta = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$:

$$\begin{aligned}N I s B \sin \alpha &= K \theta \\ K &= \frac{N I s B \sin 60^\circ}{\frac{\pi}{6}} \approx 1.66 \times 10^{-5} \text{ N.m.rad}^{-1}\end{aligned}$$

زاوية الفتل بالراديان، والعزم متساويان عند التوازن:

$$N I s B \sin \alpha = K \theta$$

انتبه: لم يحسم الكتاب معنى «يدور الإطار 30° ». قرأناها زاوية دوران، فالزاوية بين الحقل والناظم $30^\circ - 90^\circ$. ولو كانت 30° هي الزاوية بين الحقل والناظم لتغيرت النتائج، فاقراً في كل سؤالٍ ممّ تُقاس الزاوية. وضع زاوية الفتل بالراديان لا بالدرجات.

إطاراً من 200 لفة مساحته $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ يدور من الوضع الموازي للحقل حتى يصبح الحقل عمودياً على مستواه، في حقلٍ شدته 0.1 T ، ويمرّ فيه 0.5 A . ما عمل المزدوجة الكهرومغناطيسية؟

كيف أبدأ؟ $W = I \Delta \Phi$ ، والتدفق يبدأ من الصفر.

$$W = 2.5 \times 10^{-5} \text{ J} \quad (\text{أ})$$

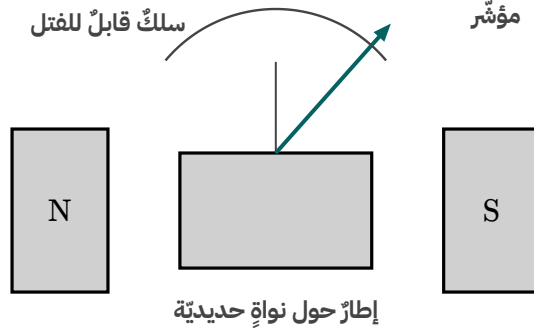
$$W = 0 \quad (\text{ب})$$

$$W = 5 \times 10^{-3} \text{ J} \quad (\text{ج})$$

ج. نعم: $\Delta \Phi = 200 \times 0.1 \times 5 \times 10^{-4} = 10^{-2} \text{ Wb}$ ، و $W = 0.5 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-3} \text{ J}$.

المقياس الغلفاني ذو الإطار المتحرك

«هو جهازٌ يُستخدَمُ للاستدلال على وجود تياراتٍ كهربائيةٍ صغيرةٍ الشَّدة، وقياسها.» الكتاب، الصفحة 92. يتألف من ملفٍّ على شكل إطارٍ مستطيلٍ فيه N لفةً، معلَّقٍ بسلكٍ قابلٍ للفتل بين قطبي مغناطيسيٍّ نضويٍّ، يحيط بنواةٍ أسطوانيةٍ من الحديد اللين، ومستويه يوازي خطوط الحقل قبل إمرار التيار.



مخطَّطٌ للمقياس الغلفاني: الإطار بين قطبي المغناطيس، والسلك القابل للفتل، والمؤشّر على التدريج. الرسم من عندنا على شكل الكتاب، الصفحة 92.

لتبع الكتاب، الصفحتان 92 و93: يدور الإطار بزاويةٍ صغيرةٍ θ' ثمَّ يتوازن، ويُحدث سلك الفتل مزدوجةً تمانع الدوران.

$$\theta' = ?$$

1. شرط التوازن مجموع العزوم معدوم:

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

2. الزاويتان $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$ ، ف $\sin \alpha = \cos \theta'$ ، و θ' صغيرةٌ ف $\cos \theta' \approx 1$:

$$N I s B - k \theta' = 0$$

3. ثابت المقياس نسبي $G = \frac{N s B}{k}$ ثابت المقياس:

$$\theta' = \frac{N s B}{k} I = G I$$

للزوايا الصغيرة تتناسب زاوية الدوران طردياً مع شدة التيار، ولذلك يصلح الجهاز للمقياس:

$$\theta' = G I$$

تذكّر: «تزداد حساسية المقياس الغلفاني كلما زادت G ، ويتم ذلك عملياً باستبدال سلك الفتل بسلكٍ أرفع منه من المادة نفسها (لتصغير ثابت الفتل k).» الكتاب، الصفحة 93. والمقياس متعدّد الأغراض (آفومتر) يقيس التوتّر المستمرّ والمتناوب، وشدة التيار، والمقاومات.

كيف نزيد حساسية المقياس الغلفاني؟

كيف أبدأ؟ $G = \frac{N s B}{k}$.

(أ) باستبدال سلك الفتل بسلكٍ أثخن منه

(ب) بإنقاص عدد لَقَّات الإطار

(ج) باستبدال سلك الفتل بسلكٍ أرفع منه من المادّة نفسها

ج. نعم: يصغر ثابت الفتل k فتزداد G ، كما في الكتاب، الصفحة 93.

مقياس غلفانيّ ثابتته $G = 50 \text{ rad.A}^{-1}$. بأيّ زاويةٍ يدور إطاره إذا مرّ فيه 2 mA ؟

كيف أبدأ؟ حوّل التيار إلى الأمبير.

(أ) $\theta' = 0.1 \text{ rad}$

(ب) $\theta' = 100 \text{ rad}$

(ج) $\theta' = 4 \times 10^{-5} \text{ rad}$

أ. نعم: $\theta' = 50 \times 2 \times 10^{-3} = 0.1 \text{ rad}$.

لماذا تتناسب زاوية دوران إطار المقياس الغلفانيّ مع شدّة التيار، للزوايا الصغيرة؟

كيف أبدأ؟ ما الذي يوازن عزم المزدوجة الكهربائية؟

(أ) لأنّ الحقل يزداد حين يزداد التيار

(ب) لأنّ عزم الفتل $k\theta'$ يوازن عزمًا يتناسب مع التيار

(ج) لأنّ مستوي الإطار يبقى موازيًا للحقل

ب. نعم: $N I s B = k \theta'$ للزوايا الصغيرة، ف $\theta' = G I$.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 91 إلى 93 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.