

☆ بسيطة

الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

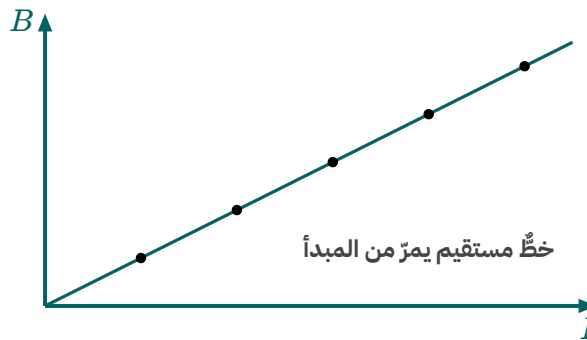
الحقول المغناطيسية للتيارات الكهربائية

الحقل المغناطيسي لسلكٍ مستقيمٍ طويل، ولملفٍّ دائريٍّ، وللوشعة، وقاعدة اليد اليمنى الكهربائي والمغناطيسيّ . الوحدة 2 . الدرس 1 (2 من 3)

التيار الكهربائي يُولد حقلاً مغناطيسيّاً. نتابع مع الكتاب في الصفحات 69 إلى 75 ثلاثة أشكالٍ للدارة: سلكاً مستقيماً طويلاً، وملفّاً دائريّاً، ووشعة، ولكلٍّ منها علاقةٌ لشدة الحقل وطريقةٌ لتحديد جهته، مع تطبيقَي الكتاب ومثالٍ من عندنا. وهذه العلاقات الثلاث تعود في الدروس التالية كلّها.

الحقل المغناطيسيّ لتيارٍ كهربائيّ

يقيس الكتاب في الصفحة 69 شدة الحقل المغناطيسيّ في نقطةٍ ثابتةٍ قرب سلكٍ مستقيم، ويغيّر شدة التيار: $I = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ A}$ تعطي $B = 4, 8, 12, 16, 20 \times 10^{-4} \text{ T}$.



قيم جدول الكتاب، الصفحة 69، على خطّ مستقيمٍ يمرّ من المبدأ، ميله $4 \times 10^{-4} \text{ T.A}^{-1}$. الرسم من عندنا.

تذكّر: «إنّ شدة الحقل المغناطيسيّ المتولّد عن تيارٍ كهربائيّ تتناسب طردياً وشدة التيار المارّ في الدّارة.» الكتاب، الصفحة 69. والميل k يتعلّق بعاملين: الطبيعة الهندسيّة للدّارة k' ، وعامل النفاذية المغناطيسيّ للخلأ μ_0 :

$$B = k I$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1}$$

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

و k' وحده يتغيّر من دارةٍ إلى أخرى. ونراه الآن في الأشكال الثلاثة.

يولّد تيارٌ شدّته 3 A في نقطةٍ ثابتةٍ حقلًا شدّته $6 \times 10^{-5} \text{ T}$. ما شدّة الحقل في النقطة نفسها إذا صار التيار 6 A ؟

| كيف أبدأ؟ شدّة الحقل تتناسب طردياً مع شدّة التيار.

$$B = 3 \times 10^{-5} \text{ T} \quad (\text{أ})$$

$$B = 1.2 \times 10^{-4} \text{ T} \quad (\text{ب})$$

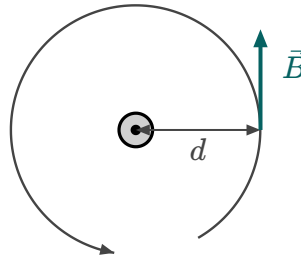
$$B = 6 \times 10^{-5} \text{ T} \quad (\text{ج})$$

ب. نعم: التيار تضاعف فتضاعف الحقل، $2 \times 6 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$.

الحقل المغناطيسي لتيارٍ مستقيمٍ طويل

في الصفحة 70 يمرّر الكتاب 20 A في سلكٍ مستقيمٍ طويل وقيس الحقل على أبعادٍ مختلفة: الجداء Bd ثابتٌ في الجدول كلّهُ، $4 \times 10^{-6} \text{ T.m}$ ، فالحقل يتناسب عكساً مع البعد. ونُظهر برادة الحديد حول السلك دوائر مركزها السلك.

التيار نحو الناظر



خطّ حقلٍ دائريٍّ حول السلك، والشعاع $\vec{B}$ مماسٌ له في النقطة التي تبعد d عن محور السلك. الرسم من عندنا.

تذكّر: عناصر الشعاع، الكتاب، الصفحة 71: «الحامل: عموديٌّ على المُستوي المعيّن بالسلك والنقطة المعتبرة.» والجهة عملياً بإبرةٍ مغناطيسيةٍ، ونظرياً بقاعدة اليد اليمنى: «الساعد يوازي السلك. يدخلُ التيارُ من الساعد، ويخرجُ من نهايات الأصابع. نوجّه باطنَ الكفِّ نحو النقطة المعتبرة. يشيرُ إبهامُ اليد اليمنى إلى جهةٍ شعاعِ الحقلِ المغناطيسي.»

والشدّة تتناسب طردياً مع I وعكساً مع d . نعوض $k' = \frac{1}{2\pi d}$ في العلاقة العامة:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{1}{2\pi d} I$$

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

انتبه: d بالمتر: $2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$. ولو عوّضت 2 مكان 0.02 لخرج الحقل أصغر بمئة مرّة.

سلكٌ مستقيمٌ طويلٌ يمرّ فيه تيارٌ شدّته 5 A . ما شدّة الحقل في نقطةٍ تبعد 2 cm عن محوره؟

كيف أبدأ؟ حوّل البعد إلى المتر قبل التعويض في $B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$.

$$B = 5 \times 10^{-5} \text{ T} \quad (\text{أ})$$

$$B = 5 \times 10^{-7} \text{ T} \quad (\text{ب})$$

$$B \approx 1.57 \times 10^{-4} \text{ T} \quad (\text{ج})$$

$$\text{أ. نعم: } B = 2 \times 10^{-7} \times \frac{5}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-5} \text{ T}$$

من الكتاب: إبرة تحت السلك

تطبيق (1) من الكتاب، الصفحة 71: نمّر تياراً شدّته 10 A في سلكٍ مستقيمٍ طويلٍ أفقيٍّ في مستوي الزوال المغناطيسي، وتحتّه على بعد 50 cm إبرة مغناطيسيّة تدور حول محورٍ شاقوليٍّ. المركبة الأفقيّة للحقل الأرضي $2 \times 10^{-5} \text{ T}$. احسب الحقل عند مركز الإبرة، ثم زاوية انحرافها.

$$B, \theta = ?$$

1. حقل السلك $d = 50 \times 10^{-2} \text{ m}$:

$$B = 2 \times 10^{-7} \times \frac{10}{5 \times 10^{-1}}$$

$$B = 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$

2. قبل التيار وبعده قبل التيار تستقرّ الإبرة وفق $\vec{B}_H$. بعده يتولّد $\vec{B}$ عمودياً على $\vec{B}_H$ ، فيؤلّفان حقلاً محصّلاً $\vec{B}_t$ ، وتدور الإبرة بزاوية θ وتستقرّ وفق منحاه:

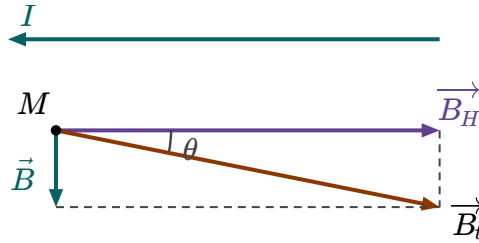
$$\tan \theta = \frac{B}{B_H} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-5}} = 0.2$$

3. الزاوية يقارن الكتاب $0.24 < 0.2$ ، فالزاوية صغيرة و $\tan \theta \approx \theta$ بالراديان:

$$\theta \approx 0.2 \text{ rad}$$

الإبرة تأخذ منحى الحقل المحصل، وزاوية انحرافها من نسبة الحقلين المتعامدين:

$$\tan \theta = \frac{B}{B_H}$$



عند مركز الإبرة M : المركبة الأفقية للحقل الأرضي $\vec{B}_H$ ، وحقل السلك $\vec{B}$ عمودي عليها، والحقل المحصل $\vec{B}_t$ قطر متوازي الأضلاع، كما في الكتاب، الصفحة 72. الرسم من عندنا.

ما حامل شعاع الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل في نقطة قريبة؟

كيف أبدأ؟ تذكر خطوط الحقل الدائرية حول السلك.

(أ) مواز للسلك

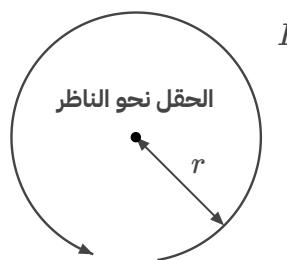
(ب) المستقيم الواصل بين السلك والنقطة

(ج) عمودي على المستوي المعين بالسلك والنقطة

ج. نعم: كما في الكتاب، الصفحة 71، والشعاع مماس لخط الحقل الدائري.

الحقل المغناطيسي لملف دائري

في الصفحتين 72 و 73 يمرر الكتاب 10 A في ملفّات دائرية متماثلة نصف قطرها 10 cm ، ويغيّر عدد اللّفات: $100, 200, 300$ لفة تعطي في المركز $2\pi, 4\pi, 6\pi \times 10^{-3}\text{ T}$. فالحقل يتناسب طردياً مع عدد اللّفات.



ملف دائري نصف قطره r والتيار فيه يعكس جهة دوران عقارب الساعة كما نراه: شعاع الحقل في المركز عمودي على مستوى الملف ويتجه نحونا. الرسم من عندنا.

تذكر: الكتاب، الصفحة 73: «الحامل: العمود على مستوى الملف.» والجهة بقاعدة اليد اليمنى: «نضعها فوق الملف حيث يدخل التيار من الساعد، ويخرج من أطراف الأصابع، ويتجه باطن الكف نحو مركز الملف، فيشير الإبهام إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي». والشدة تتناسب طرذاً مع I ومع N وعكساً مع نصف القطر الوسطي r ، و $k' = \frac{N}{2r}$:

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

انتبه: r نصف القطر لا القطر: إذا أعطاك السؤال القطر فاقسمه على اثنين. ولا تخط علاقة الملف الدائري $2\pi \times 10^{-7}$ بعلاقة السلك المستقيم 2×10^{-7} .

ملف دائري من 100 لفة قطره 10 cm ، يمر فيه تيار شدته 2 A . ما شدة الحقل في مركزه؟

| كيف أبدأ؟ ما نصف القطر بالمتر؟

أ) $B \approx 2.51 \times 10^{-3} \text{ T}$

ب) $B \approx 1.26 \times 10^{-3} \text{ T}$

ج) $B \approx 5.03 \times 10^{-3} \text{ T}$

أ. نعم: $r = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$ ، و $B = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 2}{5 \times 10^{-2}} = 8\pi \times 10^{-4} \approx 2.51 \times 10^{-3} \text{ T}$

من الكتاب: سلك وحلقة

تطبيق الكتاب، الصفحة 74: نمر 6 A في سلك مستقيم طويل معزول، ثم نلف جزءاً منه على شكل حلقة دائرية بلفة واحدة نصف قطرها 3 cm . احسب شدة الحقل المحصل في مركز الحلقة وحدد عناصره.

$$B = B_1 + B_2$$

1. الحلقة $N = 1$ ، $r = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 6}{3 \times 10^{-2}}$$

$$B_1 \approx 12.57 \times 10^{-5} \text{ T}$$

2. السلك المستقيم مركز الحلقة على بعد $d = r$ من السلك:

$$B_2 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{6}{3 \times 10^{-2}}$$

$$B_2 = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

3. الجمع الحقلان على حاملٍ واحدٍ وبالجهد نفسها، بقاعدة اليد اليمنى لكلٍّ منهما:

$$B = B_1 + B_2 \approx 16.6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

الحامل: العمود على مستوي الحلقة، والجهد أمام مستويها، كما في الكتاب. ويكتب الكتاب $B_1 = 12.5 \times 10^{-5} \text{ T}$ و $B = 16.5 \times 10^{-5} \text{ T}$ ، مقطوعين لا مقرّبين؛ والقيمة الأدق:

$$B \approx 16.6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

انتبه: قبل الجمع حدّد جهة كلّ حقل. هنا الجهتان واحدة فنجمع. ولو كانت الجهتان متعاكستين ل طرحنا الأصغر من الأكبر.

في تطبيق الكتاب، لو كان حقل الحلقة $B_1 \approx 12.6 \times 10^{-5} \text{ T}$ وحقل السلك $B_2 = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$ بجهتين متعاكستين، فما شدّة الحقل المحصّل؟

| كيف أبدأ؟ حقلان على حاملٍ واحدٍ بجهتين متعاكستين.

(أ) $B \approx 16.6 \times 10^{-5} \text{ T}$

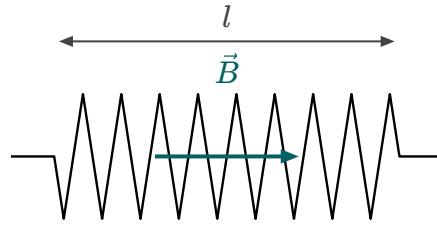
(ب) $B = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$

(ج) $B \approx 8.6 \times 10^{-5} \text{ T}$

ج. نعم: $B = B_1 - B_2 \approx 12.6 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5} = 8.6 \times 10^{-5} \text{ T}$ ، بجهة الأكبر.

الحقل المغناطيسيّ لوشية

الوشية ملفّ حلزونيّ. تُظهر البرادة داخلها خطوطاً متوازية، والكتاب في الصفحة 75: «الحامل: محورُ الوشية». والجهة بقاعدة اليد اليمنى: الأصابع توازي إحدى الحلقات، والتيار يدخل من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع، فيشير الإبهام الذي يعامد الأصابع إلى جهة الحقل.



وشبيعة طولها l ، وشعاع الحقل داخلها على محورها. الرسم من عندنا.

والشدة داخل وشبيعة طويلة، بعيداً عن طرفيها، تتناسب طردياً مع شدة التيار I ومع النسبة $n_1 = \frac{N}{l}$ ، أي عدد اللّقات في واحدة الأطوال، و $k' = \frac{N}{l}$:

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

تذكر: «إنّ الملفّات والوشائع الكهربائيّة تُكافئ مغناط؛ إذ يُطلَق اسمُ الوجه الشماليّ على وجه الملفّ الذي تكونُ فيه جهةُ التيار بعكسِ جهةِ دورانِ عقاربِ الساعة، أمّا الوجه الآخرُ للملفّ فهو الوجه الجنوبيّ.» الكتاب، الصفحة 75.

مثالٌ من عندنا: وشبيعة طولها 25 cm فيها 500 لفّة، يمرّ فيها تيارٌ شدّته 2 A . احسب شدة الحقل داخلها.

$$B = ?$$

1. عدد اللّقات في المتر $l = 0.25 \text{ m}$:

$$\frac{N}{l} = \frac{500}{0.25} = 2000 \text{ m}^{-1}$$

2. الحقل نعوض:

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times 2000 \times 2$$

$$B = 1.6\pi \times 10^{-3} \approx 5.03 \times 10^{-3} \text{ T}$$

داخل الوشبيعة يتعلّق الحقل بعدد اللّقات في المتر، لا بعدد اللّقات وحده:

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

نقص وشيعةً طويلةً منتظمة اللّف إلى نصف طولها، فيبقى فيها نصف لّقاتها، ونمرّر التيار نفسه. ماذا يحدث لشدّة الحقل داخلها؟

كيف أبدأ؟ ما الذي يدخل العلاقة: N وحده أم $\frac{N}{l}$ ؟

(أ) تنقص إلى النصف

(ب) تبقى كما هي

(ج) تتضاعف

ب. نعم: نصف اللّقات على نصف الطول، فالنسبة $\frac{N}{l}$ لا تتغيّر، ولا تتغيّر B . وبهذا سؤال «صح أو خطأ» في الكتاب،

الصفحة 80.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 69 إلى 75 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.