

## ☆ بسيطة

الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

# القوة المغناطيسية والقوة الكهربية وعملها

القوة على شحنة متحركة، وحركة الإلكترون الدائرية، والقوة على ناقل، ودولاب بارلو، ونظرية مكسويل الكهرباء والمغناطيسية . الوحدة 2 . الدرس 2 (1 من 2)

عرفنا أنّ التيار يُولد حقلاً مغناطيسياً. والآن العكس: ماذا يفعل الحقل المغناطيسيّ بشحنة تتحرك فيه، وبسلك يمرّ فيه تيار؟ نتابع مع الكتاب في الصفحات 84 إلى 90، ونحلّ المسألة الأولى من آخر الدرس، الصفحة 96. وجاءت السكّتان الكهريسيّتان مع رسم عناصر القوة في امتحان 2026 في دمشق بخمسيّ وعشرين درجة.

## القوة المغناطيسية

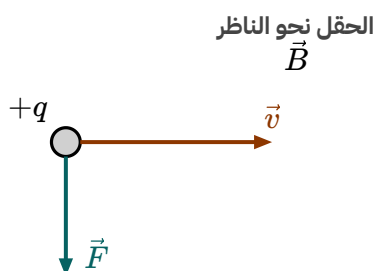
في تجربة الكتاب، الصفحة 84، تولّد حزمة إلكترونية في أنبوب الأشعة المهبطية، ونقرّب منها قطب مغناطيس فينحرف مسارها، وتنعكس جهة الانحراف إذا قرّبنا القطب الآخر.

**تذكّر:** «يؤثّر الحقل المغناطيسيّ في الجسيمات المشحونة المتحركة ضمن المنطقة التي يسودها الحقل بقوة مغناطيسية، حيث تُغيّر هذه القوة من مسار حركة هذه الجسيمات.» الكتاب، الصفحة 84. وشدّتها تناسب طردياً مع مقدار الشحنة  $q$  وشدّة الحقل  $B$  وسرعة الشحنة  $v$  و  $\sin \theta$ ، حيث  $\theta$  الزاوية بين  $\vec{q}\vec{v}$  و  $\vec{B}$  :

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

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

**تذكّر:** عناصر الشعاع، الكتاب، الصفحة 85: نقطة التأثير الشحنة المتحركة؛ والحامل عموديّ على المستوي المحدّد بشعاع السرعة وشعاع الحقل؛ والجهة بقاعدة اليد اليمنى: «نجعل السّاعِد يوازي شعاع سرعة الشّحنة المتحركة. الأصابع بعكس جهة شعاع السرعة للشّحنات السّالبة، وبجهة شعاع السرعة للشّحنات الموجبة. يخرج شعاع الحقل المغناطيسيّ من راحة الكفّ. يشير الإبهام إلى جهة القوة المغناطيسية.»



شحنة موجبة تتحرك بسرعة  $\vec{v}$  في حقل يتجه نحو الناظر: القوة  $\vec{F}$  عمودية على  $\vec{v}$  وعلى  $\vec{B}$ . ولو كانت الشحنة إلكترونات لانعكست جهة القوة. الرسم من عندنا.

**انتبه:** للإلكترون والشحنات السالبة اجعل الأصابع بعكس جهة السرعة، وإلا خرجت جهة القوة معكوسة.

بروتون شحنته  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  يتحرك بسرعة  $10^6 \text{ m.s}^{-1}$  عمودياً على حقل منتظم شدته  $0.5 \text{ T}$ . ما شدة القوة المغناطيسية؟

**كيف أبدأ؟** السرعة عمودية على الحقل، فما قيمة  $\sin \theta$  ؟

$$F = 0 \quad (\text{أ})$$

$$F = 8 \times 10^{-14} \text{ N} \quad (\text{ب})$$

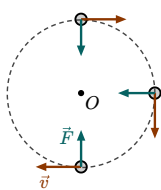
$$F = 3.2 \times 10^{-13} \text{ N} \quad (\text{ج})$$

$$\text{ب. نعم: } F = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \times 0.5 \times 1 = 8 \times 10^{-14} \text{ N}$$

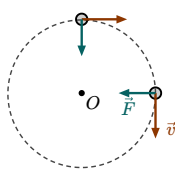
## حركة إلكترون في حقل مغناطيسي منتظم

في تجربة ملقي هلمهولتز، الصفحة 85، يتولد بين ملفين دائريين متوازيين يمرّ فيهما التيار نفسه حقل منتظم، وتدور فيه حزمة الإلكترونات في دائرة.

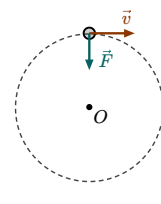
**تذكر:** «يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية، تكون دائماً عمودية على شعاع سرعتها، أي أنّها تكتسب تسارعاً ثابتاً يُعَامِدُ شُعاع السرعة وبالتالي تكون حركتها دائرية منتظمة» الكتاب، الصفحة 85، «أي يحدث تغيير في حامل وجهة شعاع السرعة لا في قيمتها».



3. حركة دائرية منتظمة: قيمة السرعة لا تتغير، فالحركة دائرية منتظمة.



2. تتغير الجهة: يتغير حامل السرعة وجهتها، وتبقى القوة نحو المركز.



1. القوة نحو المركز: القوة عمودية على السرعة وتُتَجّه نحو مركز المسار.

إلكترون في حقل منتظم عمودي على سرعته في ثلاث لحظات. الرسم من عندنا.

تبع الكتاب، الصفحتان 85 و86: الإلكترون يخضع للقوة المغناطيسية وحدها بإهمال ثقله، و  $\vec{v} \perp \vec{B}$ .

$$r = ?$$

1. التسارع الناطمي القوة المغناطيسية وحدها تعطي الإلكترون تسارعاً ناظمياً  $a_c = \frac{v^2}{r}$  :

$$e v B = m_e a_c$$

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

2. نصف القطر والدور  $m_e$  كتلة الإلكترون، و  $e$  القيمة المطلقة لشحنته:

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

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m_e}{e B}$$

نصف القطر يتناسب طردياً مع السرعة، والدور لا يتعلّق بها:

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

$$T = \frac{2\pi m_e}{e B}$$

مثال من عندنا: إلكترون سرعته  $2 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$  يدخل عمودياً حقلاً منتظماً شدته  $2 \times 10^{-3} \text{ T}$  . احسب نصف قطر مساره. نعدّ  $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  و  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  .

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

1. التعويض نعوض القيم:

$$r = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^7}{1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$r \approx 5.7 \times 10^{-2} \text{ m}$$

يدور الإلكترون في دائرة نصف قطرها قرابة سبعة سنتيمترات:

$$r \approx 5.7 \text{ cm}$$

إلكترونٌ يدور في حقلٍ مغناطيسيٍّ منتظم. ماذا تغيّر القوة المغناطيسية في شعاع سرعته؟

**| كيف أبدا؟ القوة عمودية على السرعة دائماً.**

(أ) قيمة السرعة

(ب) قيمة السرعة وحاملها معاً

(ج) حاملها وجهتها فقط

**ج. نعم: «يحدث تغيّر في حامل وجهته شعاع السرعة لا في قيمتها»، الصفحة 85.**

## القوة الكهرطيسية

في تجربة الكتاب، الصفحة 86، سلكٌ معلق بين قطبي مغناطيس، يمرّ فيه تيار فينحرف عن الشاقول، وتنعكس جهة الانحراف بعكس جهة التيار أو جهة الحقل، وتزداد الزاوية بزيادة التيار أو الحقل. «يؤثّر الحقل المغناطيسي في السلك الناقل بقوة ثابتة تُسمّى القوة الكهرطيسية.»

استنتاج الكتاب، الصفحة 87: القوة الكهرطيسية محصلة القوى المغناطيسية على الإلكترونات الحرة في السلك. طول السلك  $L$ ، ومساحة مقطعه  $s$ ، والكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة  $n$ .

$$F = ?$$

**1. عدد الإلكترونات في السلك  $N = nsL$  إلكترونات، كلٌّ منها يخضع لقوة مغناطيسية:**

$$F = Ne v B \sin \theta$$

**2. السرعة والشحنة  $v = \frac{L}{\Delta t}$  ، والشحنة  $q = Ne$  :**

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

**3. شدة التيار  $I = \frac{q}{\Delta t}$  :**

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

$\theta$  الزاوية بين  $\vec{IL}$  و  $\vec{B}$  ، شعاع التيار حامله السلك وجهته جهة التيار:

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

**تذكر:** عناصر الشعاع، الكتاب، الصفحة 88: «نقطة التأثير: مُنتصفُ الجزء من الناقل المُستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم»؛ والحامل عمودي على المستوي المحدد بالناقل وشعاع الحقل؛ والجهة تحقق  $(\vec{IL}, \vec{B}, \vec{F})$  ثلاثية مباشرة: يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع، ويخرج  $\vec{B}$  من راحة الكف، فيشير الإبهام إلى جهة  $\vec{F}$ .

**انتبه:**  $L$  طول الجزء من السلك الذي يخضع للحقل، لا طول السلك كله.

سلك طوله 50 cm ، يقع منه 5 cm فقط في حقل منتظم شدته 0.1 T عمودي عليه، ويمر فيه تيار شدته 10 A . ما شدة القوة الكهرطيسية؟

**| كيف أبدأ؟ أي طول يدخل العلاقة؟**

$$F = 0.05 \text{ N} \quad (\text{أ})$$

$$F = 0.5 \text{ N} \quad (\text{ب})$$

$$F = 5 \text{ N} \quad (\text{ج})$$

$$\text{أ. نعم: } F = 10 \times 5 \times 10^{-2} \times 0.1 = 0.05 \text{ N}$$

## دولاب بارلو

دولاب بارلو قرص معدني يدور حول محوره، ويخضع نصفه السفلي لحقل مغناطيسي منتظم، ويغمس طرفه السفلي في الزئبق ليمر التيار في نصف القطر الشاقولي السفلي. «عند إغلاق دائرة الدولاب فإنه يدور بتأثير عزم القوة الكهرطيسية». الكتاب، الصفحة 89، وتنعكس جهة الدوران بعكس جهة التيار أو جهة الحقل.

**تذكر:** الكتاب، الصفحة 89: «نقطة التأثير: مُنتصفُ نصف القطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم»، والحامل عمودي على المستوي المحدد بنصف القطر الشاقولي السفلي وشعاع الحقل، والجهة بقاعدة اليد اليمنى. ونصف القطر عمودي على الحقل،  $\sin \theta = 1$  :

$$F = I r B$$

**انتبه:** القوة تؤثر في منتصف نصف القطر، فذراعها حول المحور  $\frac{r}{2}$  لا  $r$  . وإذا أعطاك السؤال قطر الدولاب فنصف القطر نصفه.

دولاب بارلو نصف قطره 10 cm ، يمرّ فيه تيارٌ شدّته 5 A ، في حقلٍ شدّته 0.02 T . ما عزم القوة الكهربائية حول المحور؟

**كيف أبدأ؟ احسب  $F = I r B$  ، ثم اضربها في ذراعها.**

أ)  $\Gamma_{\Delta} = 5 \times 10^{-4} \text{ N.m}$

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

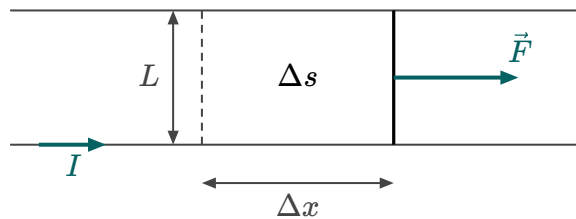
ج)  $\Gamma_{\Delta} = 0.01 \text{ N.m}$

أ. نعم:  $F = 5 \times 0.1 \times 0.02 = 0.01 \text{ N}$  ، وذراعها  $\frac{r}{2} = 0.05 \text{ m}$  ، فالعزم  $5 \times 10^{-4} \text{ N.m}$  .

## عمل القوة الكهربائية: نظرية مكسويل

في تجربة السكتين الكهربيتين، الصفحة 89، ساق معدنيّة تستند إلى سكتين أفقيّتين في حقلٍ شاقوليّ، وحين نغلق الدارة تتدحرج الساق.

الحقل شاقوليّ نحو الأعلى



تنتقل الساق موازيّة لنفسها مسافة  $\Delta x$  ، فتمسح سطحاً  $\Delta s = L \Delta x$  ، كما في الكتاب، الصفحة 90. الرسم من عندنا.

$$W = F \Delta x = I B L \Delta x = I B \Delta s$$

$$W = I \Delta \Phi$$

**تذكّر:** نصّ نظرية مكسويل، الكتاب، الصفحة 90: «عندما تنتقل دائرة كهربائيّة أو جزء من دائرة كهربائيّة في منطقة يسودها حقلٌ مغناطيسيّ، فإنّ عمل القوة الكهربائية المُسبّبة لذلك الانتقال يساوي جداء شدّة التيار المارّ في الدّارة في تزايد التّدفّق المغناطيسيّ الذي يجتازها.» والعمل هنا موجب، عملٌ محرّك.

## من الكتاب: السكتان الكهربيتان

المسألة الأولى، الكتاب، الصفحة 96: ساق نحاسية كتلتها 16 g تستند إلى سكتين أفقيتين، ويؤثر على 4 cm من جزئها المتوسط حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدة 0.1 T ، ويمر بها تيار شدة 40 A . احسب شدة القوة، ثم عملها حين تنتقل الساق 15 cm ، ثم زاوية إمالة السكتين عن الأفق حتى تتوازن الساق. نعد  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  .

$$F, W, \alpha = ?$$

1. شدة القوة  $L = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$  ، والسلك عمودي على الحقل:

$$F = I L B = 40 \times 4 \times 10^{-2} \times 0.1$$

$$F = 0.16 \text{ N}$$

2. العمل على  $\Delta x = 0.15 \text{ m}$  :

$$W = F \Delta x = 0.16 \times 0.15 = 0.024 \text{ J}$$

3. التوازن على السكتين المائلتين القوة أفقية، والثقل  $mg = 0.16 \text{ N}$  . بإهمال الاحتكاك تتوازن الساق حين تتساوى مركبتاهما على امتداد السكتين:

$$m g \sin \alpha = F \cos \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{F}{m g} = \frac{0.16}{0.16} = 1$$

$$\alpha = 45^\circ$$

في هذه المسألة القوة الكهربية تساوي الثقل، فالزاوية:

$$\alpha = 45^\circ$$

**انتبه:** في امتحان 2026 في دمشق جاء سؤال السكتين مع «الرسم»: ارسم  $I\vec{L}$  و  $\vec{B}$  و  $\vec{F}$  في نقطة التأثير، منتصف الجزء الخاضع للحقل، وحدد جهة القوة بقاعدة اليد اليمنى قبل أي حساب.

ساق على سكتين أفقيتين تنتقل 10 cm في حقلٍ شاقوليٍّ شدته 0.2 T ، وطول جزئها الخاضع للحقل 5 cm ، ويمرّ فيها 20 A . ما عمل القوة الكهربائية؟

كيف أبدأ؟  $W = I \Delta \Phi$  ، و  $\Delta \Phi = B L \Delta x$  .

(أ)  $W = 0.2 \text{ J}$

(ب)  $W = 0.02 \text{ J}$

(ج)  $W = 200 \text{ J}$

ب. نعم:  $\Delta \Phi = 0.2 \times 0.05 \times 0.1 = 10^{-3} \text{ Wb}$  ، و  $W = 20 \times 10^{-3} = 0.02 \text{ J}$  .

متى تنعدم القوة المغناطيسية على شحنةٍ متحركةٍ في حقلٍ مغناطيسيٍّ؟

كيف أبدأ؟ انظر إلى  $\sin \theta$  في  $F = q v B \sin \theta$  .

(أ) حين تكون سرعتها عموديةً على الحقل

(ب) حين تكون الشحنة سالبة

(ج) حين تكون سرعتها موازيةً للحقل

ج. نعم:  $\theta = 0$  أو  $\pi$  ، ف  $\sin \theta = 0$  والقوة معدومة.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 84 إلى 90 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.