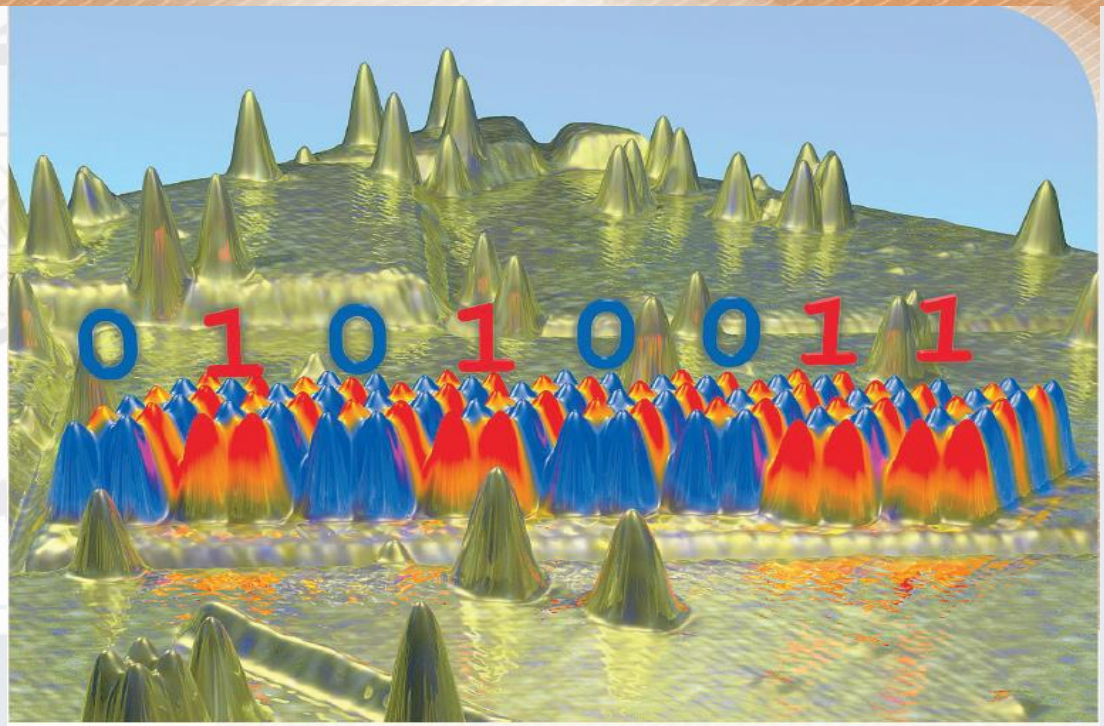
المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

8

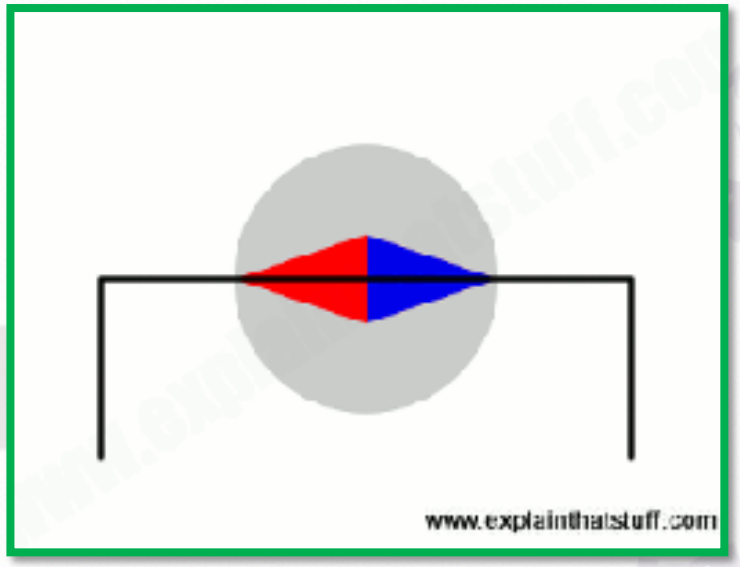
8.1 قانون بيو سافار
وحل المسائل 32 و 40



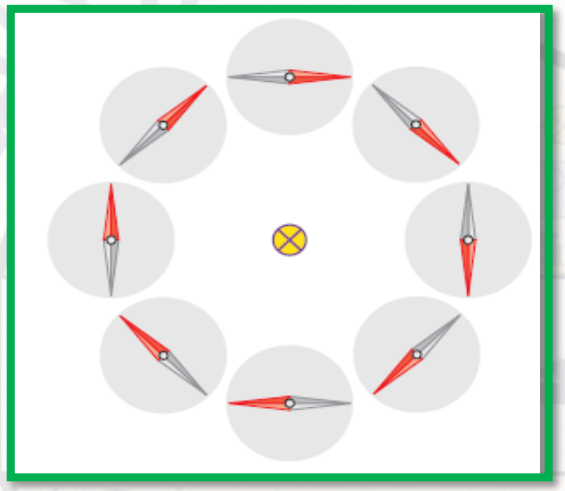
قناة قطوف فيزيائية

8.1 قانون بيو سافار

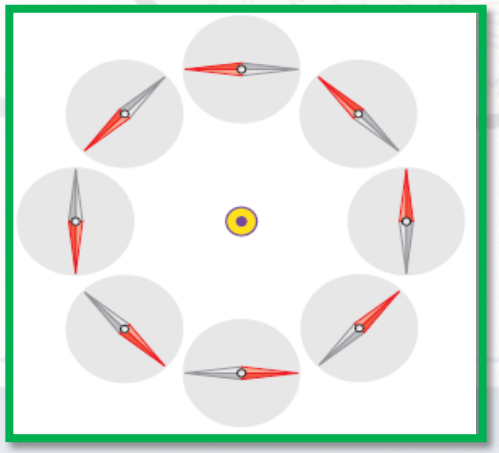
- لاحظ العالم أورستد انحراف إبرة البوصلة عند وضعها بالقرب من سلك يمر به تيار مستمر



- خطوط المجال تكون دوائر حول السلك



- ينعكس اتجاه المجال عندما ينعكس اتجاه التيار



➢ لوصف المجال الكهربائي بدلالة الشحنة الكهربائية نستخدم العلاقة :

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|dq|}{r^2}$$

يكون اتجاه المجال الكهربائي حسب إشارة الشحنة الكهربائية

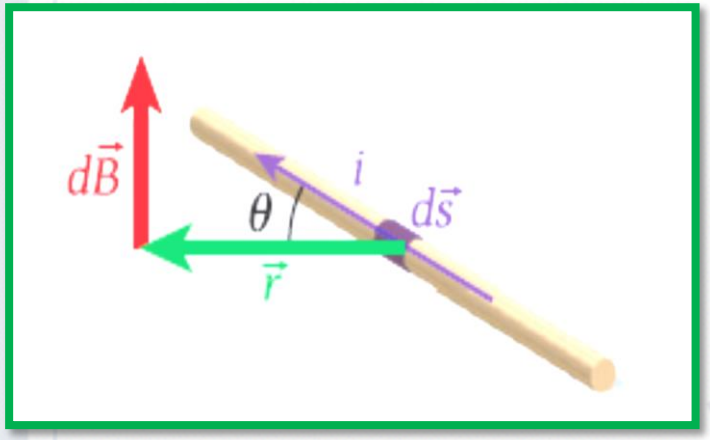
$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|dq|}{r^3}\vec{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|dq|}{r^2}\hat{r} \quad : \quad \vec{r} = r\,\hat{r}$$

➢ لوصف المجال المغناطيسي بدلالة عنصر التيار $i\,d\vec{s}$ نستخدم العلاقة :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,d\vec{s}\times\vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

μ_0: ثابت النفاذية المغناطيسية في الفراغ ويساوي $4\pi\times10^{-7}T.m/A$

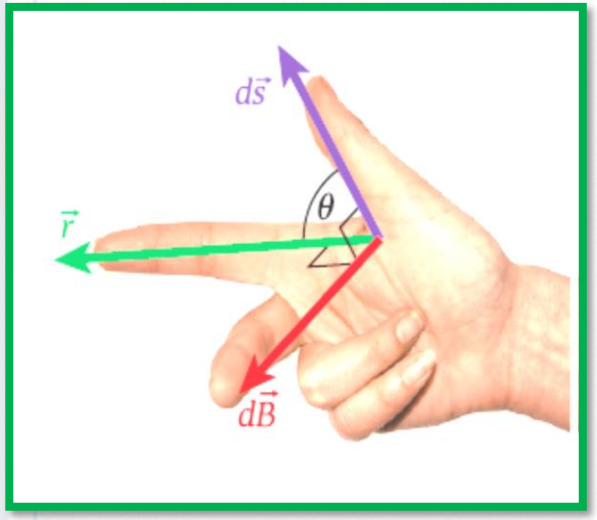
قانون بيو سافار



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\, d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$

$i\, d\vec{s}$: متجه طول تفاضلي باتجاه تدفق التيار في الموصل

$\hat{r}$: متجه الموقع من عنصر التيار إلى النقطة التي يُحدد عندها المجال



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\, ds\, \sin\theta}{r^2}$$

- يكون اتجاه المجال المغناطيسي متعامدًا على كلٍ من متجه الموقع وعنصر التيار
- يتم تحديد المجال المغناطيسي عند نقطة باستخدام قاعدة أصابع اليد اليمنى
- المجال المغناطيسي عند نقطة تقع على السلك (متجه الموقع موازي لعنصر التيار) يساوي صفر

المجال المغناطيسي حول سلك يمر به تيار

سلك طويل لانهائي

$$B = \frac{\mu_0 \, i}{2\pi r_\perp}$$

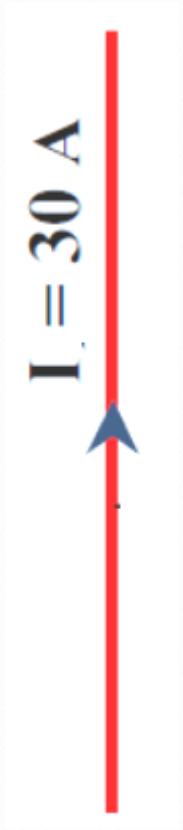
سلك محدود الطول

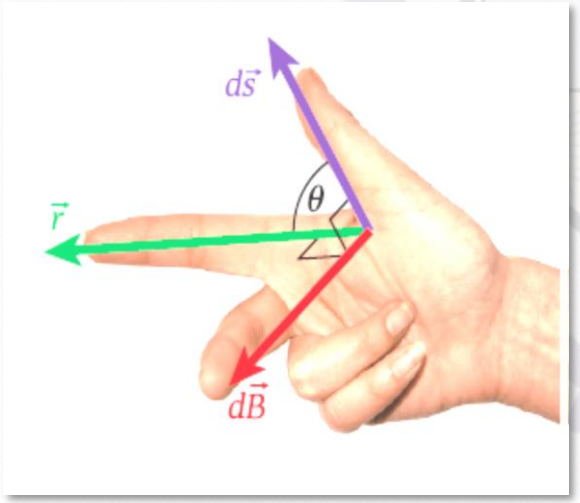
$$B = \frac{\mu_0 \, i \, r_\perp}{4\pi} \int_{-0.5L}^{+0.5L} \frac{1}{(s^2 + {r_\perp}^2)^{\frac{3}{2}}} ds$$

$$B = \frac{\mu_0 \, i}{4\pi r_\perp} (sin\theta_2 - sin\theta_1)$$

سلك طويل لا نهائي يمر به تيار شدته $(30\ A)$.

احسب مقدار المجال المغناطيسي وحدد اتجاه عند نقطة تبعد مسافة $(4.0\ cm)$ على يمين السلك





$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r_\perp}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.04}$$

$$B = 1.5 \times 10^{-4}\ T$$

عمودي على مستوى الصفحة نحو الداخل

8.32 يتحرّك إلكترون في خطٍ مستقيم بسرعة 5.00×10^6 m/s. ما مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه الناتج عن الإلكترون المتحرك على مسافة $d = 5.00$ m في مسار حركته؟ كيف ستتغيَّر الإجابة إذا كان الجسيم المتحرك بروتونًا؟

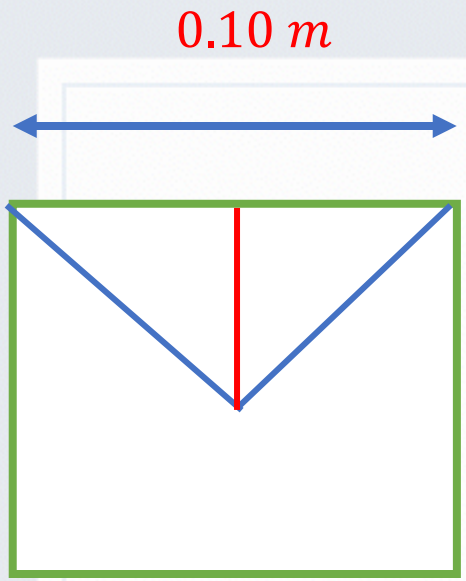
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\, ds\ \sin\theta}{r^2}$$

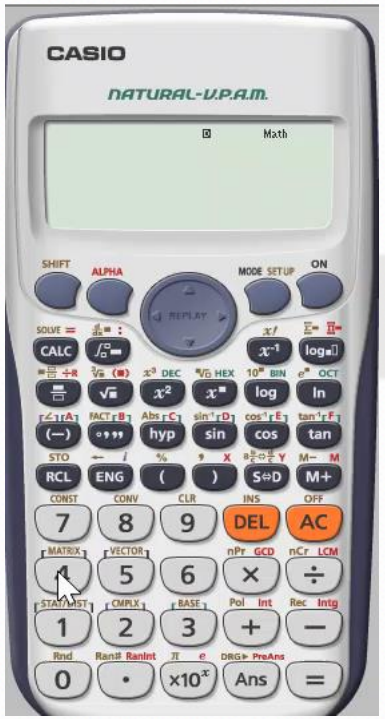
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\, dv\ \sin\theta}{r^2}$$

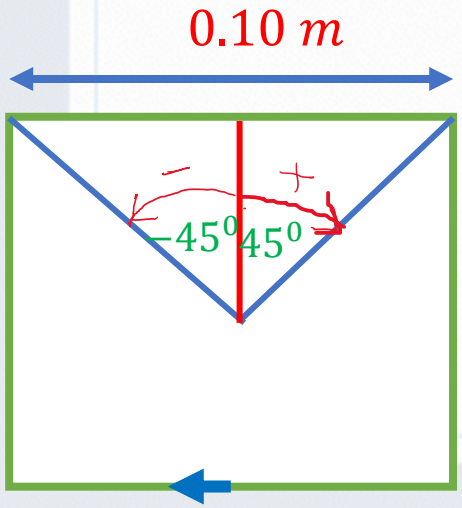
$$\theta = 0 \quad \sin 0 = 0$$

$$B = 0$$

8.40• تحمل حلقة سلك مربعة، يبلغ طول ضلعها 10.0 cm، تيارًا مقداره 0.300 A.ما المجال المغناطيسي في مركز الحلقة المربعة؟





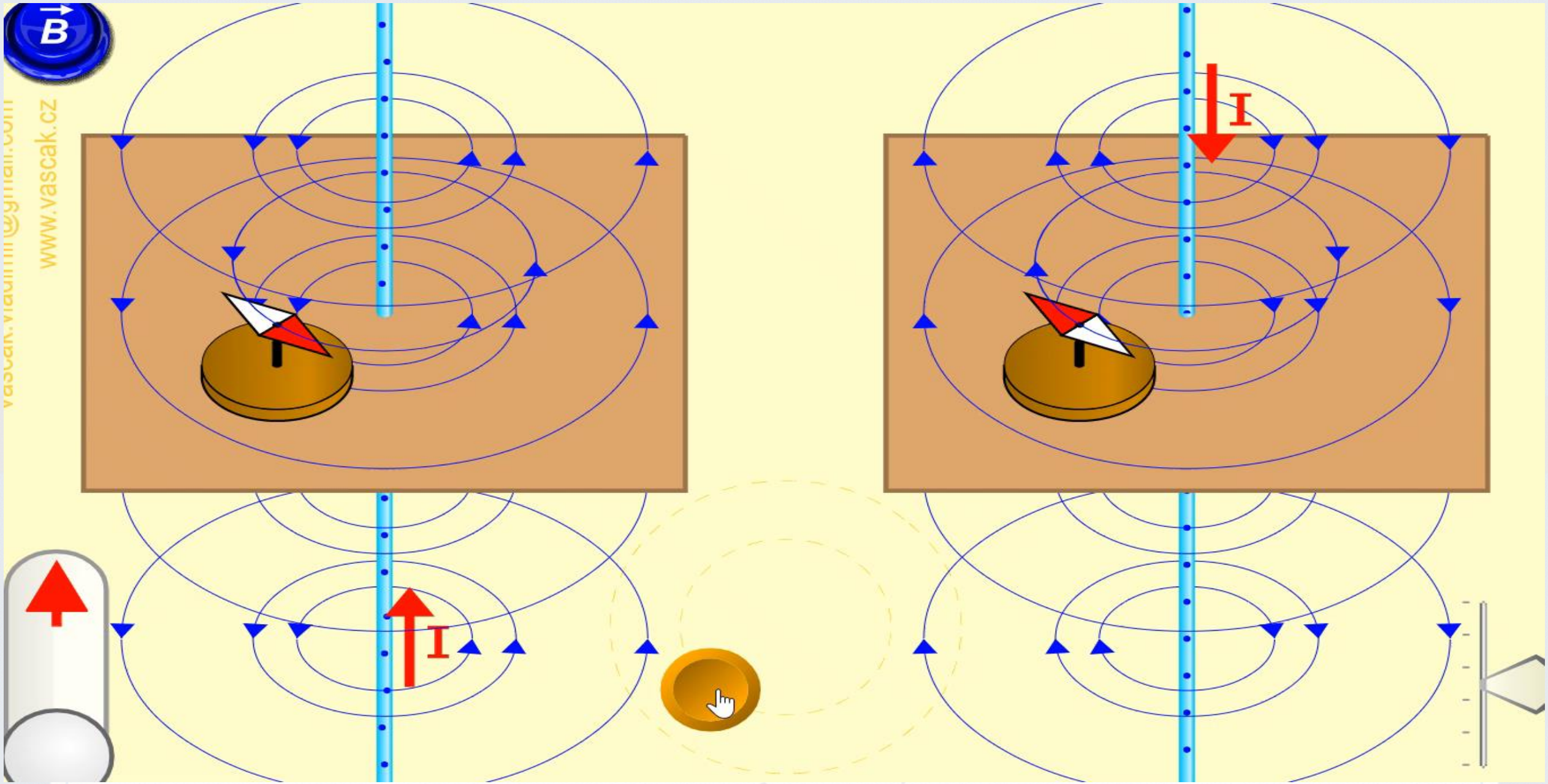


$$B = 3.39 \times 10^{-6} T$$

حل آخر :

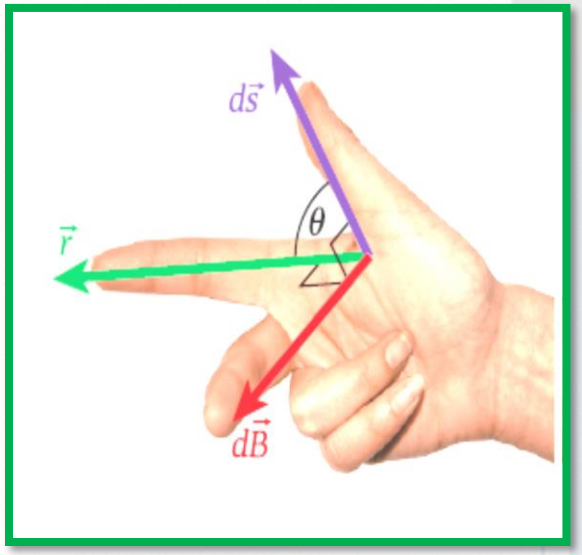
$$B = 4 \times \frac{\mu_0 \, i}{4\pi r_\perp} (sin\theta_2 - sin\theta_1)$$

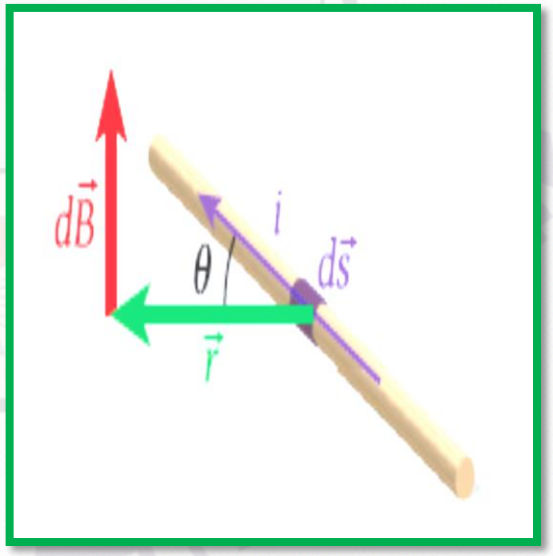
$$B = 4 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.300}{4\pi \times 0.05} (sin45 - sin - 45) = 3.39 \times 10^{-6} T$$


B
I
I

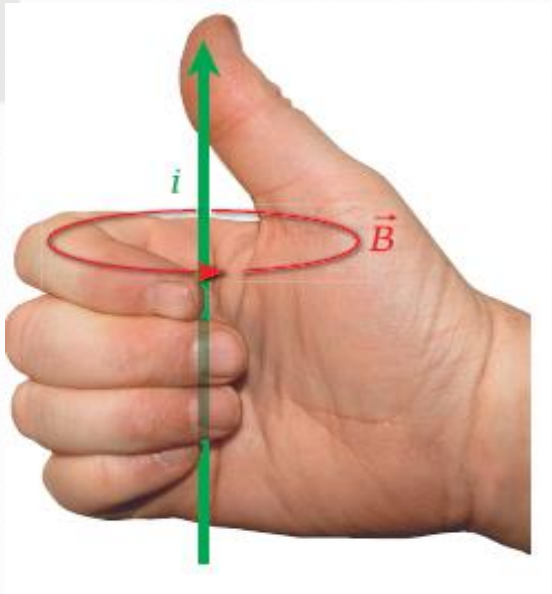
تحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك يمر به تيار

القاعدة الأولى لليد اليمنى
قاعدة كف اليد اليمنى

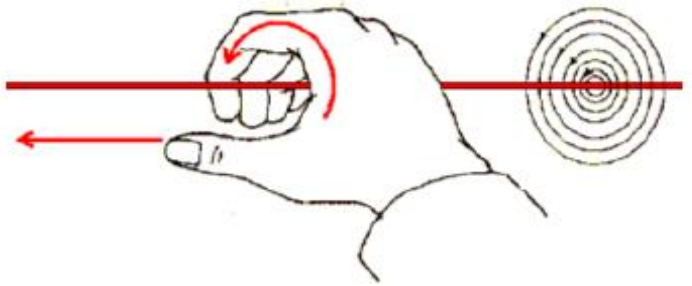


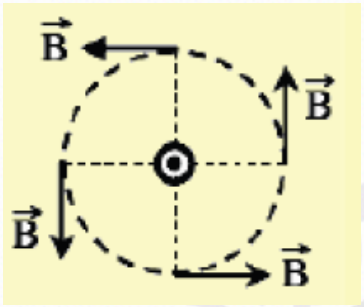


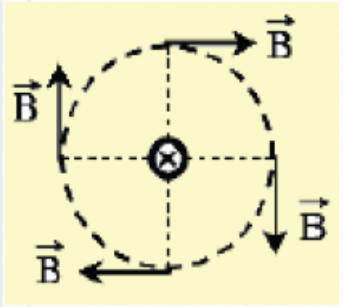
القاعدة الثالثة لليد اليمنى
قاعدة قبضة اليد اليمنى











مراجعة المفاهيم 8.1

سلك يحمل تيارًا، i_{in}، إلى داخل الصفحة كما يظهر في الشكل. ما الاتجاه الذي يشير إلى المجال المغناطيسي في النقطتين P وQ؟



a) إلى اليمين عند النقطة P ولأعلى (باتجاه أعلى الصفحة) عند النقطة Q

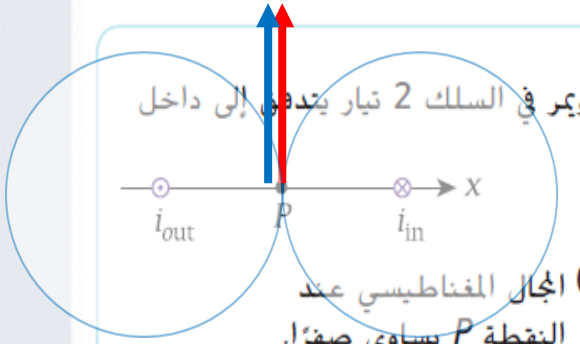
b) لأعلى عند النقطة P وإلى اليمين عند النقطة Q

c) لأسفل عند النقطة P وإلى اليمين عند النقطة Q

d) لأعلى عند النقطة P وإلى اليسار عند النقطة Q

مراجعة المفاهيم 8.2

يمر في السلك 1 تيار يتدفق خارجًا من الصفحة، i_{out}، كما يظهر في الشكل. ويمر في السلك 2 تيار يتدفق إلى داخل الصفحة، i_{in}. ما اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة P؟



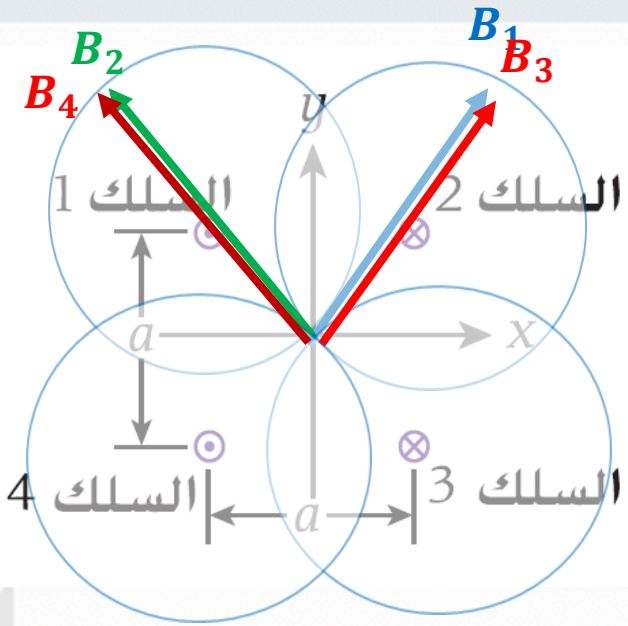
a) لأعلى في مستوى الصفحة

b) إلى اليمين

c) لأسفل في مستوى الصفحة

d) إلى اليسار

e) المجال المغناطيسي عند النقطة P يساوي صفرًا.



مسألة محلولة 8.1 المجال المغناطيسي الناتج عن أربعة أسلاك

أربعة أسلاك يحمل كل منها تيارًا مقداره $i = 1.00\ A$. وتوجد الأسلاك في الزوايا الأربع لمربع طول ضلعه $a = 3.70\ cm$. ويحمل سلكان منهما التيار إلى داخل الصفحة، بينما يحمل الاثنان الآخران التيار خارج الصفحة (الشكل 8.8).

المسألة

ما مركّبة y للمجال المغناطيسي في مركز المربع؟

$$r_\perp = \frac{\sqrt{3.70^2 + 3.70^2}}{2} = 2.62cm$$

$$B_{tot} = 4 \times B_y = 4\ B\ sin\ 45$$

$$B_{tot} = 4 \times \frac{\mu_0\ i}{2\pi r_\perp} sin\ 45$$

$$B_{tot} = 4 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.00}{2\pi \times 2.62 \times 10^{-2}} sin\ 45 = 2.16 \times 10^{-5} T$$

باتجاه محور y الموجب

8.31 قُذِفَ إلكترون من مدفع إلكتروناتٍ بسرعة 4.0×10^5 m/s ثم تحرَّك موازيًا لسلك مستقيم طويل يحمل تيارًا مقداره 15 A وعلى مسافة 5.0 cm فوقه. حدِّد مقدار عجلة الإلكترون واتجاهها لحظة خروج الإلكترون من المدفع.

$$B = \frac{\mu_0 \, i}{2\pi r_\perp}$$

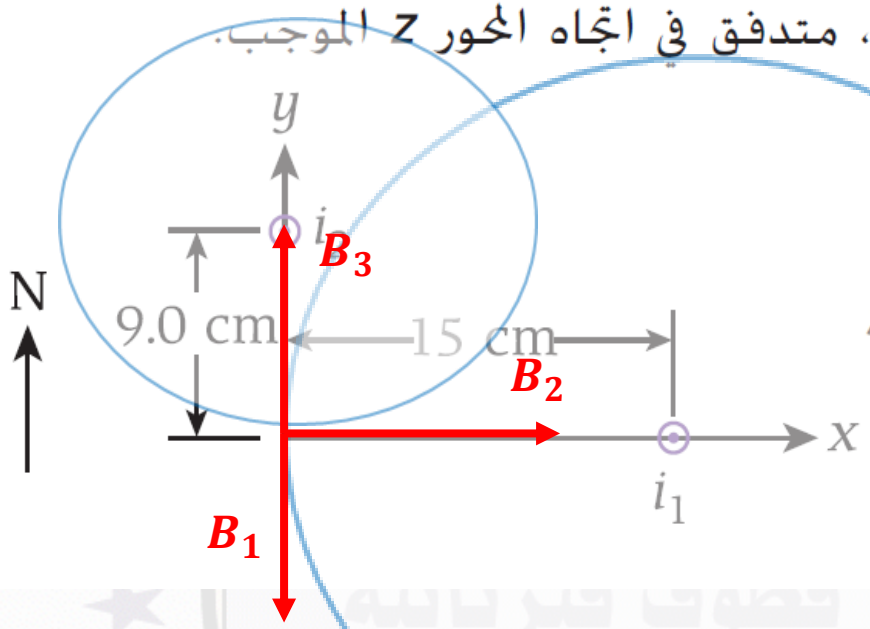
$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{2\pi \times 0.05} = 6.0 \times 10^{-5} T$$

$$a = \frac{F_B}{m} = \frac{qvBsin\theta}{m}$$

$$a = \frac{(1.6 \times 10^{-19})(4.0 \times 10^5)(6.0 \times 10^{-5})(sin90)}{(9.11 \times 10^{-31})} = 4.22 \times 10^{12} m/s^2$$

يتسارع بعيدًا عن السلك

8.37 سلكان طويلان للغاية يسيران موازيين للمحور z كما يظهر في الشكل. ويحمل كلٌّ منهما تيارًا $i_1 = i_2 = 25.0\ \text{A}$، متدفق في اتجاه المحور z الموجب. يتحدَّد المجال المغناطيسي للأرض من خلال $\vec{B} = (2.60 \cdot 10^{-5})\hat{y}\ \text{T}$ (في المستوى xy وفي اتجاه الشمال). وُضعت إبرة بوصلة مغناطيسية عند نقطة الأصل. حدِّد الزاوية θ بين إبرة البوصلة والمحور x. (تلميح: ستحاذي إبرة البوصلة محورها على طول اتجاه محصلة المجال المغناطيسي.)



$$B_1 = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r_\perp} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 25.0}{2\pi \times 0.15} = 3.33 \times 10^{-5} T$$

$$B_x = B_2 = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r_\perp} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 25.0}{2\pi \times 0.09} = 5.56 \times 10^{-5} T$$

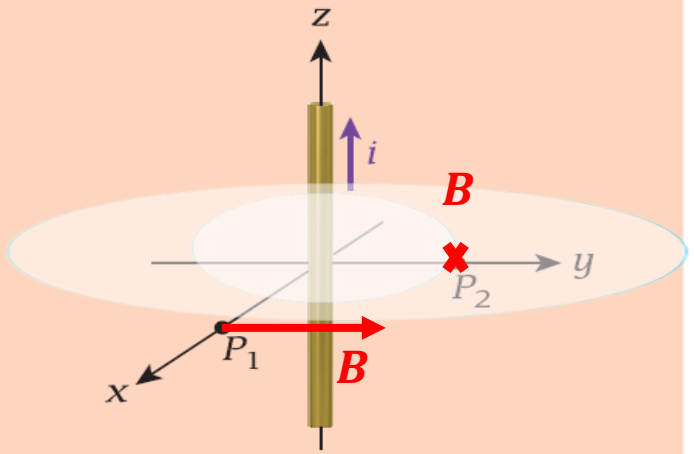
$$B_y = B_3 - B_1 = 2.60 \times 10^{-5} - 3.33 \times 10^{-5}$$
$$= -7.33 \times 10^{-6} T$$

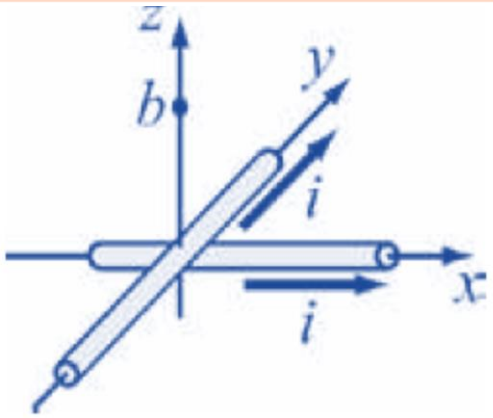
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{7.33 \times 10^{-6}}{5.56 \times 10^{-5}}\right) = 7.51^0$$

جنوب شرق

سؤال الاختبار الذاتي 8.1

يحمل السلك المعروض في الشكل التيار i في اتجاه z الموجب. ما اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عند النقطة P_1؟ ما اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عند النقطة P_2؟





عند P_1 يكون لليمين على محور y الموجب

عند P_2 يكون عمودي على الصفحة للداخل على محور x السالب

8.39 يحمل سلك مستقيم طويل يقع على المحور x تيارًا، i، يتدفق في اتجاه x الموجب. ويقع سلك مستقيم طويل آخر على المحور y ويحمل تيارًا i في اتجاه y الموجب. ما مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة $z = b$ على المحور z؟

$$\overrightarrow{B_1} = -\frac{\mu_0 i}{2\pi b}\hat{y}$$

$$\overrightarrow{B_2} = +\frac{\mu_0 i}{2\pi b}\hat{x}$$

$$B_{net} = \sqrt{2}\frac{\mu_0 i}{2\pi b}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B_1}{B_2}\right) = 45^0$$

$$\theta = -45^0$$

8.43• يقع سلك مستقيم طويل على طول المحور x ($y= 0$ و$z = 0$). يحمل السلك تيارًا مقداره 7.00 A في اتجاه المحور x الموجب. ما مقدار واتجاه القوة على جسيم شحنته 9.00 C يقع عند النقطة $(+1.00\ m, +2.00\ m, 0)$، عندما تصل سرعته المتجهة إلى 3000 m/s في كلٍّ من الاتجاهات التالية؟

a) اتجاه المحور x الموجب.

b) اتجاه المحور y الموجب.

c) اتجاه المحور z السالب.

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r_\perp} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7.00}{2\pi \times 2.00} = 7.0 \times 10^{-7} T$$

$$a)\ F_B = q v_x B_z \sin\theta = (9.00)(3000)\left(7.0 \times 10^{-7}\right) \sin 90 = -1.89 \times 10^{-2} \hat{y} N$$

$$b)\ F_B = q v_y B_z \sin\theta = (9.00)(3000)\left(7.0 \times 10^{-7}\right) \sin 90 = +1.89 \times 10^{-2} \hat{x} N$$

$$b)\ F_B = q v_z B_z \sin\theta = \left(1.6 \times 10^{-19}\right)(3000)\left(7.0 \times 10^{-7}\right) \sin 180 = 0$$

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

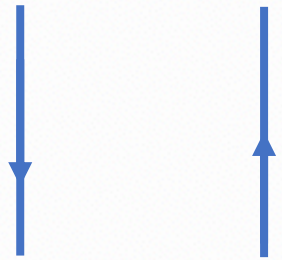
Magnetic Fields of Moving Charges

8

8.2 المجالات المغناطيسية الناتجة عن مرور التيار
(الجزء الثاني)
القوة المتبادلة بين سلكين
وحل المسائل 30 و38 و44



قناة قطوف فيزيائية

	سلكان متوازيان يمر بهما تيار في نفس الإتجاه	سلكان متوازيان يمر بهما تيار في اتجاهين متعاكسين
الرسم		
محصلة المجال بين السلكين	$B_{net} = B_1 - B_2$	$B_{net} = B_1 + B_2$
محصلة المجال خارج السلكين	$B_{net} = B_1 + B_2$	$B_{net} = B_1 - B_2$
نقطة انعدام المجال المغناطيسي	تنشأ بين السلكين جهة السلك الأقل تياراً $\frac{i_1}{r_1} = \frac{i_2}{r_2}$	تنشأ خارج السلكين جهة السلك الأقل تياراً $\frac{i_1}{r_1} = \frac{i_2}{r_2}$
نوع القوة المتبادلة بين السلكين	قوة تجاذب	قوة تنافر
مقدار القوة المتبادلة بين السلكين	قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستين في الإتجاه $F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$	

مراجعة المفاهيم 8.4

سلكان متوازيان قريبان من بعضهما البعض، كما هو موضح في الشكل. يحمل السلك 1 التيار i ويحمل السلك 2 التيار $2i$. ما العبارة التي تنطبق على القوى المغناطيسية التي يبذلها السلكان أحدهما على الآخر؟

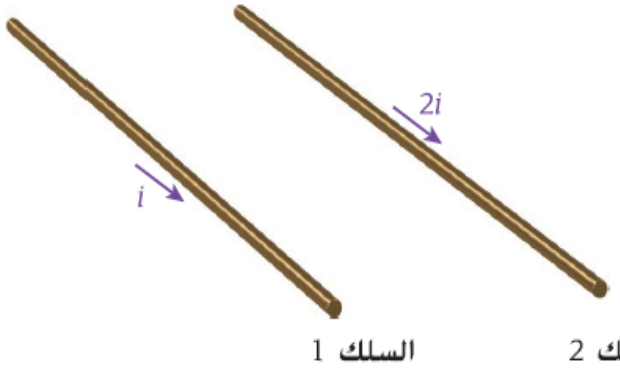
a) لا يبذل السلكان قوى أحدهما على الآخر.

b) يبذل السلكان قوى جذب بالمقدار نفسه أحدهما على الآخر.

c) يبذل السلكان قوى تنافر بالمقدار نفسه أحدهما على الآخر.

d) يبذل السلك 1 قوةً على السلك 2 أكبر مما يبذلها السلك 2 على السلك 1.

e) يبذل السلك 2 قوةً على السلك 1 أكبر مما يبذلها السلك 1 على السلك 2.



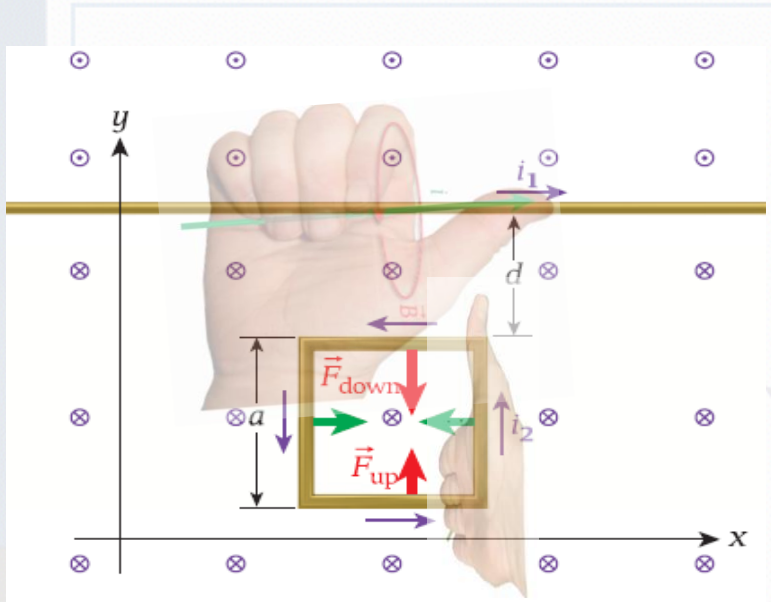
$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$$

الأمبير شدة التيار الثابت الذي إذا مر في موصليين متوازيين بطول لانهائي ويبعدان عن بعضهما مسافة $1m$ في الفراغ تكون القوة المتبادلة بينهما المؤثرة على وحدة الأطوال $2 \times 10^{-7}\ N$

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2\ , \qquad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ N/A^2$$

مثال 8.1 القوة المغناطيسية المؤثرة في حلقة يمر فيها تيار

يحمل سلك طويل مستقيم تيارًا مقداره $i_1 = 5.00\ A$ باتجاه اليمين (الشكل 8.10). وتُوضَع حلقة مربعة يبلغ طول ضلعها $a = 0.250\ m$ بحيث تكون أضلاعها كما في الشكل 8.10 والمسافة $d = 0.100\ m$ من السلك. وتحمل الحلقة المربعة تيارًا مقداره $i_2 = 2.20\ A$ في عكس اتجاه عقارب الساعة.



المسألة

ما محصّلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الحلقة المربعة؟

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$$

$$F_{\text{سلك علوي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 a}{2\pi (d)}$$

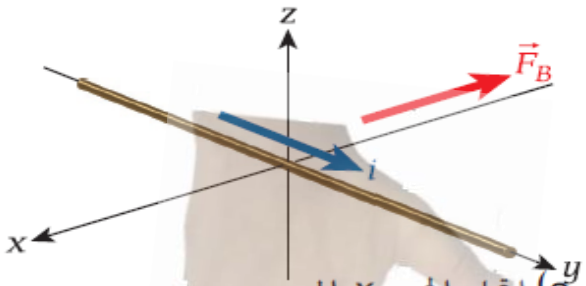
$$F_{\text{سلك سفلي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 a}{2\pi (a+d)}$$

$$F_{net} = F_{\text{سلك علوي}} - F_{\text{سلك سفلي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi}\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{a+d}\right)$$

$$F_{net} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5.00 \times 2.20 \times 0.250}{2\pi}\left(\frac{1}{0.100} - \frac{1}{0.250+0.100}\right) = 3.93 \times 10^{-6} N$$ لأسفل

مراجعة المفاهيم 8.5

يحمل سلكٌ تيارًا، i، في اتجاه y الموجب، كما يظهر في الشكل. يقع السلك في مجال مغناطيسي منتظم، $\vec{B}$. مُوجَّه بطريقة تعمل على زيادة القوة المغناطيسية إلى أقصى درجة. تسري القوة المغناطسية المؤثرة على السلك، $\vec{F}_B$ في اتجاه x السالب. ما اتجاه المجال المغناطيسي؟



a) اتجاه المحور x الموجب.

b) اتجاه المحور x السالب

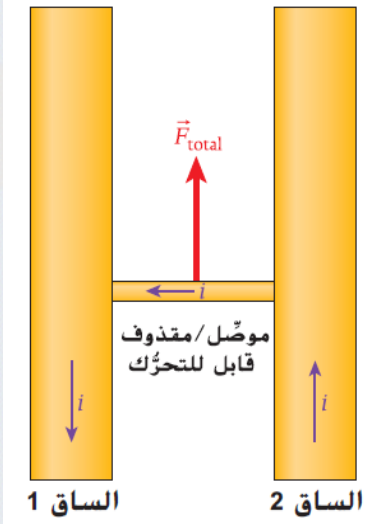
c) اتجاه المحور y السالب.

d) اتجاه المحور z الموجب

e) اتجاه المحور z السالب.

مسألة محلولة 8.2 المسرع الكهرومغناطيسي

يجري تطوير مسرعات كهرومغناطيسية لتسريع حبيبات الوقود في تجارب الاندماج النووي، ولإطلاق المركبات الفضائية إلى مداراتها. وتُجري البحرية الأمريكية تجارب باستخدام هذه المسرعات لإطلاق مقذوفاتٍ بسرعاتٍ عالية للغاية، مثل مُطلِق القذائف الموضّح في الشكل 8.11. في مُطلِق القذائف هذا، تسري التيارات عبر ساقي توصيلٍ متوازيين، متصلين بموصِّل قابل للتحرك وموجّه بشكل متعامد على الساقين. ويتم توصيل المقذوف بالموصِّل القابل للتحرك. بالنسبة إلى هذا المثال، سنفترض أنّ مُطلِق القذائف يتكوَّن من ساقين متوازيين بمقطع عرضي يبلغ نصف قطره $r = 5.00\ \text{cm}$، وتفصل بين مَركزيه المسافة $d = 25.0\ \text{cm}$، ويبلغ طولهما $L = 5.00\ \text{m}$، وأنّ مُطلِق القذائف يُسرِّع المقذوف لبلوغ طاقة حركية مقدارها $K = 32.0\ \text{MJ}$. كما يعمل المقذوف أيضًا كموصِّل قابل للتحرك.



المسألة

ما مقدار التيار اللازم لتسريع المقذوف؟

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, x}$$

$$dF = i\,B\,dx = \frac{\mu_0\, i^2}{2\pi\, x}\,dx$$

$$F = \int_r^{d-r} \frac{\mu_0\, i^2}{2\pi\, x}\,dx = \frac{\mu_0\, i^2}{2\pi}\int_r^{d-r} \frac{1}{x}\,dx = \frac{\mu_0\, i^2}{2\pi}\,ln\left(\frac{d-r}{r}\right)$$

$$W = F_{net}\, d\, cos\,\theta = \Delta KE$$

$$2F\,L = 32.0 \times 10^6$$

$$2 \times \frac{\mu_0\, i^2}{2\pi}\,ln\left(\frac{d-r}{r}\right)L = 32.0 \times 10^6$$

$$2 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times i^2}{2\pi}\,ln\left(\frac{0.25-0.05}{0.05}\right) \times 5.00 = 32.0 \times 10^6$$

$$i = 3.40 \times 10^6\ A$$

8.30 سلكان طويلان متوازيان يبعدان عن بعضهما بمسافة 3.0 mm. التيار المتدفق في أحدهما ضِعف التيار في السلك الآخر. إذا كان مقدار القوة المبذولة على طول 1.0 m من أحد السلكين هو 7.0 μN، فما مقدار التيارين؟

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$$

$$7.0 \times 10^{-6} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times i \times 2i \times 1.0}{2\pi \times 3.0 \times 10^{-3}}$$

$$i = 0.23\ A$$

8.38 ملفان محوريان متماثلان، مصنوعان من سلك يبلغ نصف قطره 20.0 cm، وموضوعان فوق بعضهما مباشرةً، ويبعدان بمسافة 2.00 mm. يُوجد الملف السفلي على منضدة مسطحة ويمر به تيار i في اتجاه عقارب الساعة، بينما يحمل الملف العلوي تيارًا مماثلاً وتبلغ كتلته 0.0500 kg. حدِّد المقدار والاتجاه الذي يجب أن يكون عليه التيار في الملف العلوي للحفاظ على الملف مرفوعًا على مسافة 2.00 mm عن الملف السفلي.

$$F_B = F_g$$

$$\frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r} = m g \quad : \quad L = 2\pi r$$

$$\frac{4\pi \times 10^{-7} \times i^2 \times 2\pi \times 0.20}{2\pi \times 2.00 \times 10^{-3}} = 0.05 \times 9.81$$

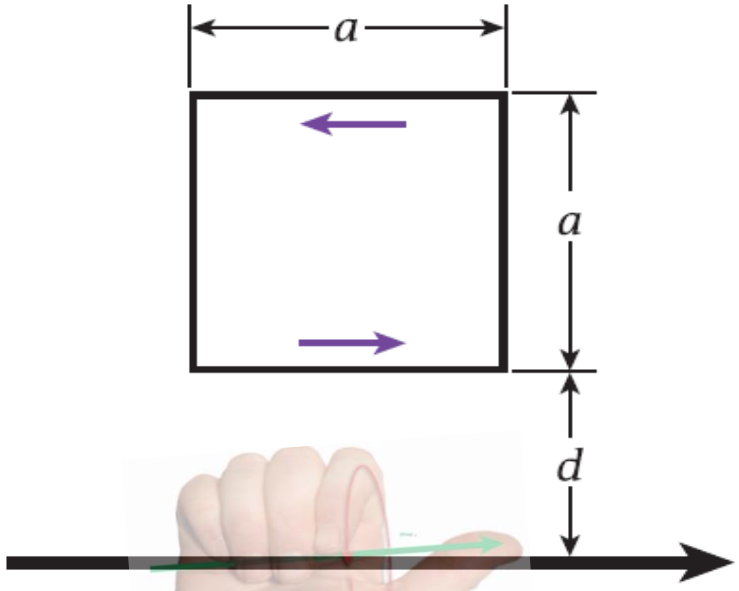
$$i = 62.5\ A$$

عكس عقارب الساعة

8.44 يحمل سلك مستقيم طويل تيارًا مقداره 10.0 A باتجاه المحور x الموجب، كما يظهر في الشكل. توجد بالقرب من السلك حلقةٌ مربعة من سلك نحاسي تحمل تيارًا مقداره 2.00 A في الاتجاه الموضَّح. ويبعد الجانب القريب من الحلقة مسافة $d = 0.500\ m$ عن السلك. يبلغ طول كل ضلع من أضلاع المربع $a = 1.00\ m$.

a) أوجِد محصَّلة القوى بين الجسمين الحاملين للتيار.

b) أوجِد محصَّلة عزم الدوران في الحلقة.



$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$$

$$F_{\text{سلك سفلي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 a}{2\pi (d)}$$

$$F_{\text{سلك علوي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 a}{2\pi (a+d)}$$

$$F_{net} = F_{\text{سلك سفلي}} - F_{\text{سلك علوي}} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 a}{2\pi}\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{a+d}\right)$$

$$F_{net} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10.0 \times 2.00 \times 1.00}{2\pi}\left(\frac{1}{0.500} - \frac{1}{1.00+0.500}\right) = 5.33 \times 10^{-6} N$$ لأسفل

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

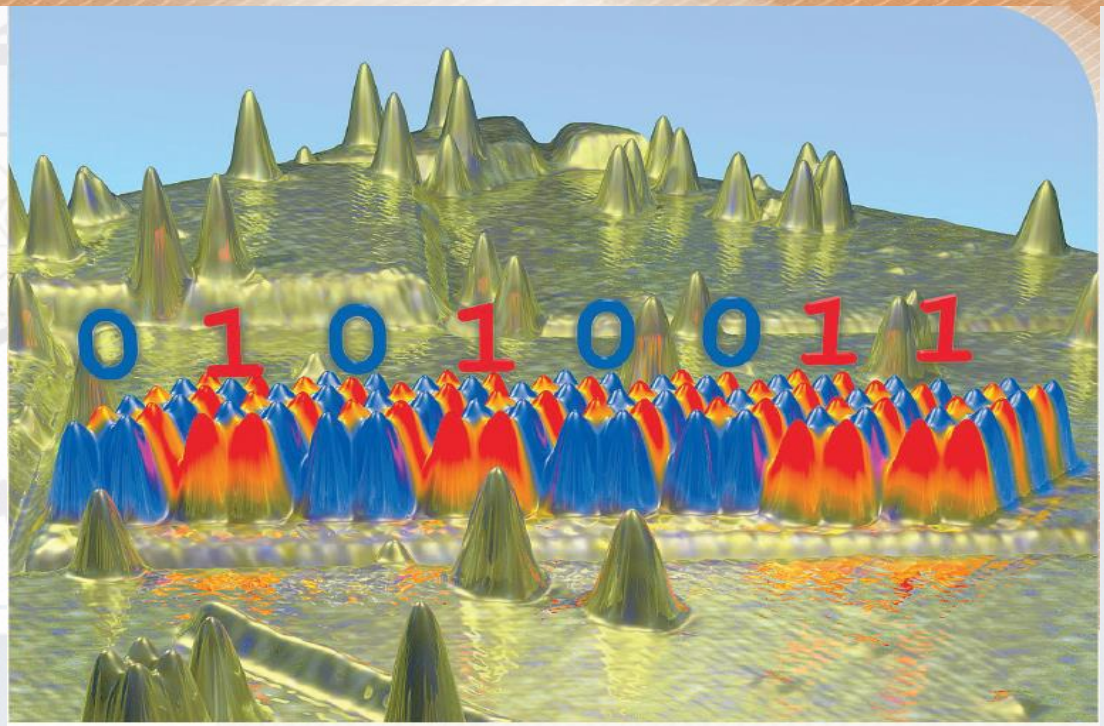
Magnetic Fields of Moving Charges

8

8.2 المجالات المغناطيسية الناتجة عن مرور التيار (الجزء الثالث)

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار مستمر في حلقة

وحل المسائل36 و42 و 45 و 64



قناة قطوف فيزيائية

المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار مستمر في حلقة

عند مركز الحلقة

$$B = \frac{\mu_0 \, i}{2 \, R}$$

على محور الحلقة

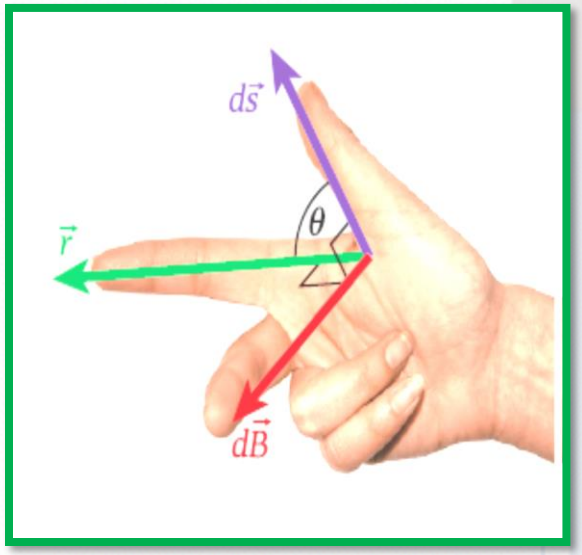
$$B = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

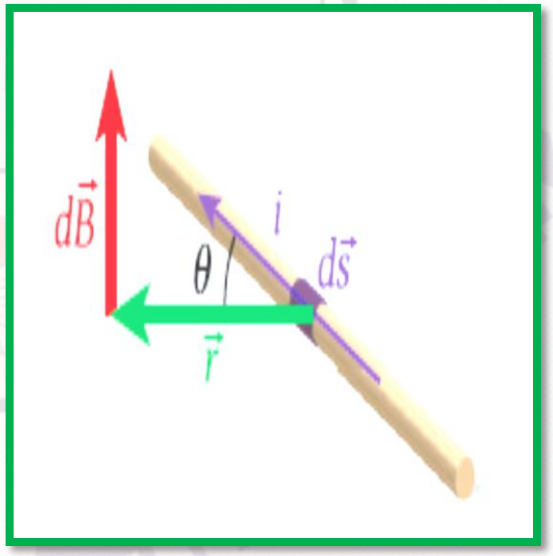
ملف يتكون من عدة حلقات

$$B = \frac{\mu_0 N \, i}{2 \, R}$$

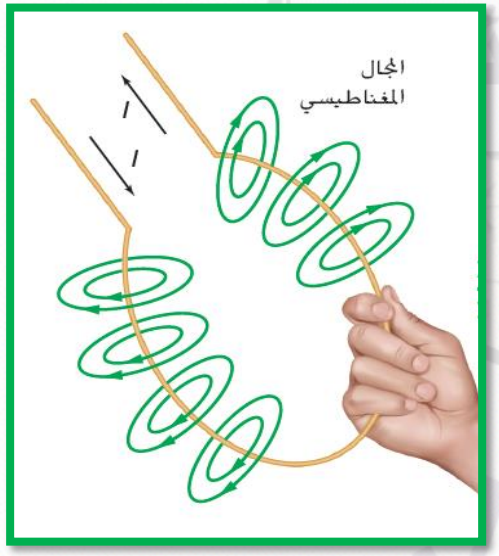
تحديد اتجاه المجال المغناطيسي

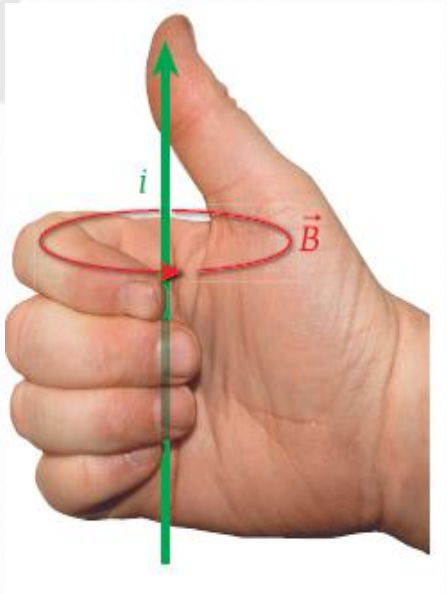
القاعدة الأولى لليد اليمنى
قاعدة كف اليد اليمنى

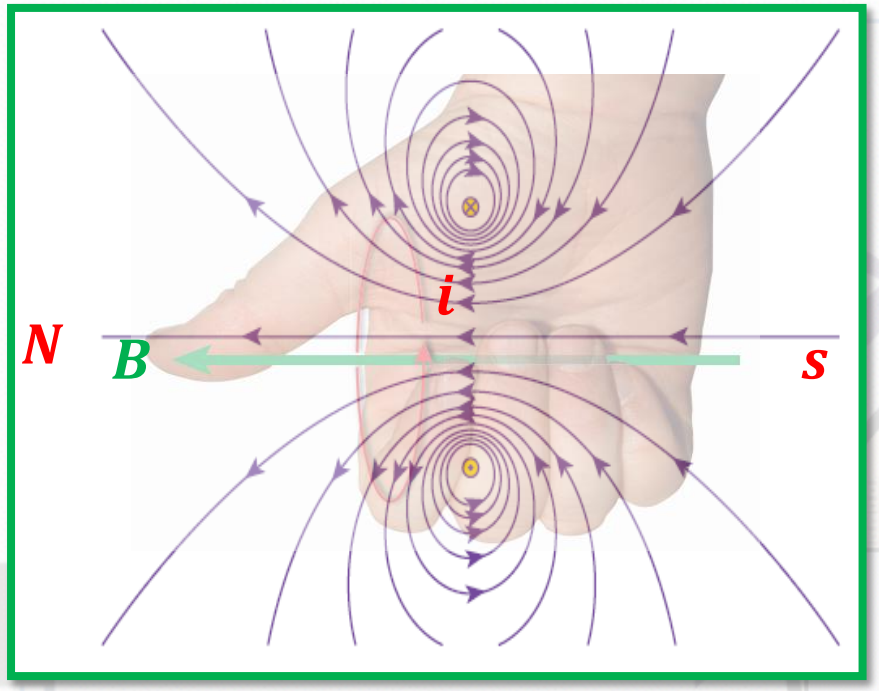




القاعدة الثالثة لليد اليمنى
قاعدة قبضة اليد اليمنى

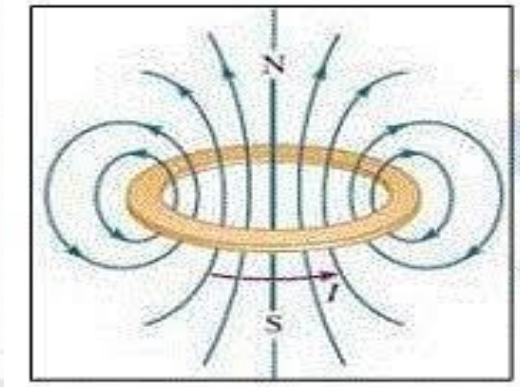


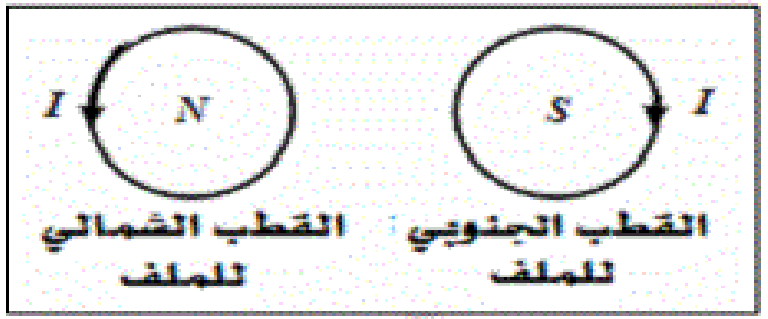




- يُشبه المجال المغناطيسي للحلقة مغناطيسي قصير نسبيًا
- خطوط المجال تكون مستقيمة عند مركز الحلقة
- يمكن استخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى
  لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة :
  - الأصابع الملتفة تشير إلى اتجاه التيار في الملف
  - الإبهام يُشير إلى المجال المغناطيسي (القطب الشمالي)

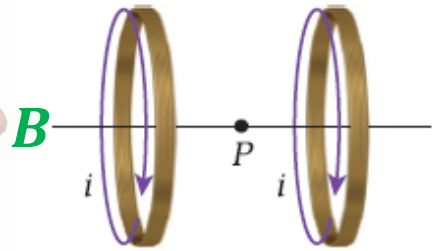
- يمكن استخدام قاعدة عقارب الساعة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة :
  - الوجه الذي يكون فيه التيار مع عقارب الساعة يكون قطب جنوبي
  - الوجه الذي يكون فيه التيار عكس عقارب الساعة يكون قطب شمالي





مراجعة المفاهيم 8.6

تحمل حلقتان متماثلتان من السلك التيار نفسه، i، كما يظهر في الشكل. ما اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة P؟



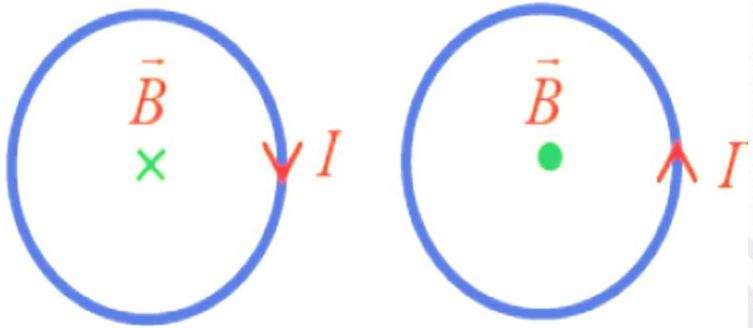
a) لأعلى (باتجاه أعلى الصفحة)

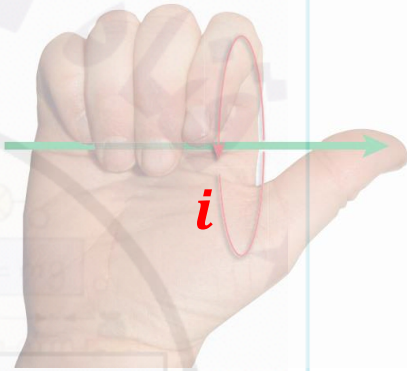
b) باتجاه اليمين

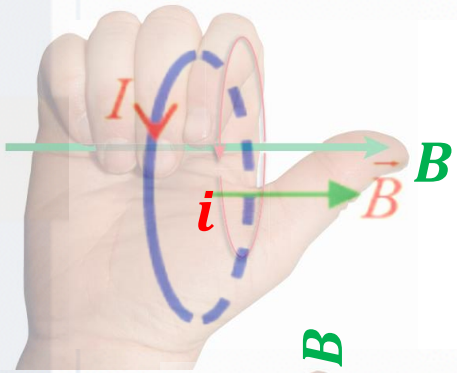
c) لأسفل

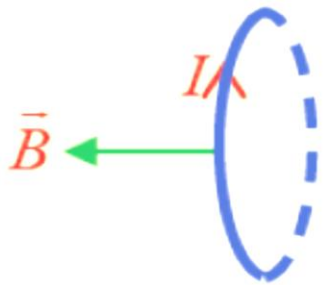
d) باتجاه اليسار

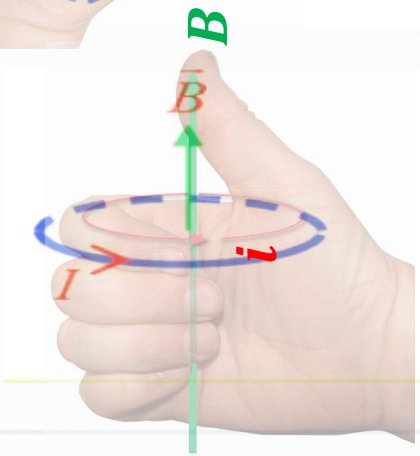
e) المجال المغناطيسي عند النقطة P يساوي صفرًا.

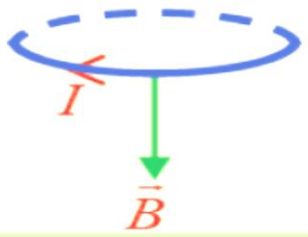


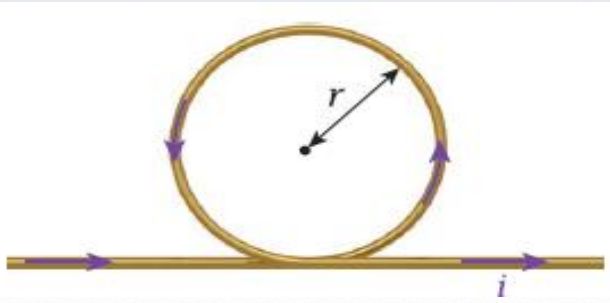












مسألة محلولة 8.3

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك يحتوي على حلقة

تتكوَّن حلقة يبلغ نصف قطرها $r = 8.30\ mm$ في منتصف سلكٍ طويل مستقيم معزول يحمل تيارًا مقداره $i = 26.5\ mA$ (الشكل 8.16a).

المسألة

ما مقدار المجال المغناطيسي في مركز الحلقة؟

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r_{\perp}}$$

عمودي على مستوى الصفحة للخارج

$$B_{\text{حلقة}} = \frac{\mu_0\, i}{2\, R}$$

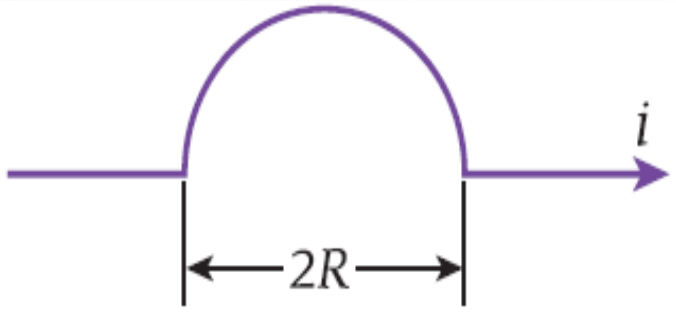
عمودي على مستوى الصفحة للخارج

$$B_{net} = B_{\text{سلك}} + B_{\text{حلقة}} = \frac{\mu_0\, i}{2R}\left(\frac{1}{\pi} + 1\right)$$

$$B_{net} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 26.5 \times 10^{-3}}{2 \times 8.30 \times 10^{-3}}\left(\frac{1}{\pi} + 1\right) = 2.64 \times 10^{-6}\, T$$

عمودي على مستوى الصفحة للخارج

قطوف فيزيائية



8.36• أوجِد المجال المغناطيسي عند مركز سلك على شكل نصف دائرة كالموضَّح في الشكل، نصف قطره $R = 10.0\ \text{cm}$، إذا كان التيار في السلك $i = 12.0\ \text{A}$.

$$B = \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0\, i}{2\, R}$$

$$B = \frac{1}{2} \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12.0}{2 \times 0.10}$$

$$B = 3.77 \times 10^{-5}\ T$$

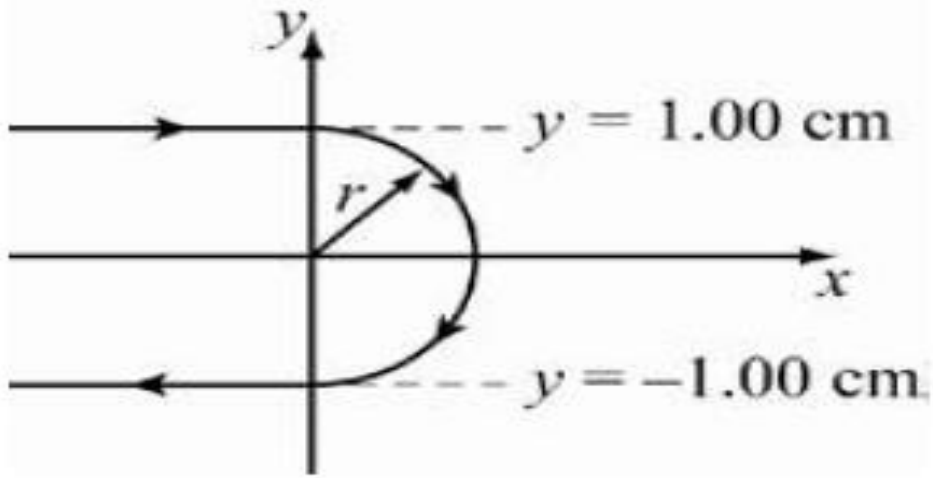
عمودي على مستوى الصفحة للداخل

8.42• تتكوَّن بنية دبوس شعر من سلكين مستقيمين شبه لامنتهيين يبعدان عن بعضهما بمسافة 2.00 cm وتربطهما معًا قطعة سلك نصف دائرية (يجب أن يكون نصف قطرها 1.00 cm ويقع مركزها عند نقطة الأصل للإحداثيات xyz). يمتد السلك العلوي على طول المستقيم $y = 1.00$ cm، ويمتد السلك السفلي على طول المستقيم $y = -1.00$ cm؛ ويقع هذان السلكان في الجانب الأيسر $(x < 0)$ للمستوى xy. تبلغ شدة التيار في بنية دبوس الشعر 3.00 A، ويتجه التيار يمينًا في السلك العلوي، في اتجاه عقارب الساعة حول نصف الدائرة، ويسارًا في السلك السفلي. أوجِد المجال المغناطيسي عند نقطة أصل النظام الإحداثي.

بالنسبة للسلك شبه النهائي (له بداية وليس له نهاية)

$$B = \frac{\mu_0\, i}{4\pi r_\perp}(sin0 - sin - 90)$$

$$B = \frac{\mu_0\, i}{4\pi r_\perp}$$



$$B_{net} = 2 \times B_{\text{سلك}} + B_{\text{نصف حلقة}}$$

$$B_{net} = 2 \times \frac{\mu_0\, i}{4\pi r_\perp} + \frac{1}{2} \times \frac{\mu_0\, i}{2\, R}$$

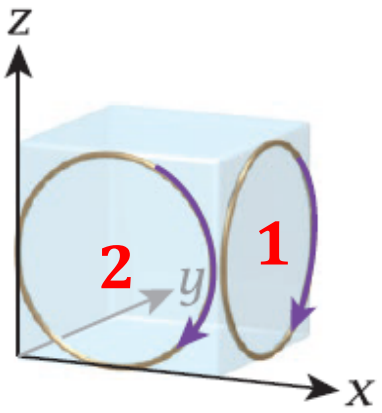
$$B_{net} = \frac{\mu_0\, i}{4 r_\perp}\left(\frac{2}{\pi} + 1\right)$$

$$B_{net} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3.00}{4 \times 0.01}\left(\frac{2}{\pi} + 1\right) = 1.54 \times 10^{-4}\, T$$

عمودي على مستوى الصفحة للداخل

في اتجاه محور z السالب

8.45 صندوق مربع يبلغ طول ضلعه 1.00 m، يقع أحد أركانه عند نقطة أصل نظام إحداثي، كما يظهر في الشكل. رُبِطَ ملفان بالجزء الخارجي من الصندوق. يقع أحد الملفين على وجه الصندوق في المستوى xz عند النقطة $y = 0$. ويقع الملف الثاني على وجه الصندوق في المستوى yz عند النقطة $x = 1.00\ m$. ويبلغ طول قطر كل ملف 1.00 m ويحتوي كلٌّ منهما على 30.0 لفة من سلك يحمل تيارًا مقداره 5.00 A في كل لفة. يسري التيار المتدفق في كل ملف في اتجاه عقارب الساعة عند النظر إلى الملف من خارج الصندوق. ما مقدار واتجاه المجال المغناطيسي في مركز الصندوق؟



$$B_1 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

في اتجاه محور x السالب

$$B_2 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

في اتجاه محور y الموجب

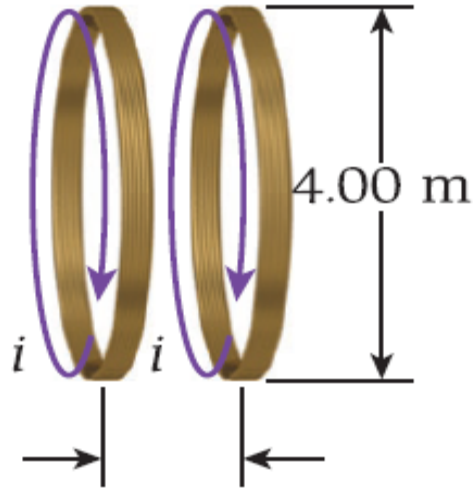
$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30.0 \times 5.00}{2} \frac{(0.50)^2}{(0.50^2 + 0.50^2)^{\frac{3}{2}}} = 6.66 \times 10^{-5}\ T$$

$$B_{net} = \sqrt{{B_1}^2 + {B_2}^2} = \sqrt{(6.66 \times 10^{-5})^2 + (6.66 \times 10^{-5})^2} = 9.42 \times 10^{-5}\ T$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{6.66 \times 10^{-5}}{6.66 \times 10^{-5}}\right) = 45^0$$

$$\theta = 180 - 45 = 135^0$$

8.64 وُضِع ملفان مكوّنان من 50 لفةً، يبلغ قطر كل منهما 4.00 m، على مسافة 1.00 m عن بعضها، كما يظهر في الشكل. ويتدفق تيار مقداره 7.00 A في أسلاك الملفين؛ ويسري التيار في كلا الملفين في اتجاه عقارب الساعة عند النظر إليهما من الجانب الأيسر. ما مقدار المجال المغناطيسي في المنتصف بين الملفين؟



$$B_2 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

لليمين

$$B_1 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

لليمين

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 7.00}{2} \frac{(2.00)^2}{(2.00^2 + 0.50^2)^{\frac{3}{2}}} = 1.00 \times 10^{-4}\ T$$

$$B_{net} = 2B = 2 \times 1.00 \times 10^{-4} = 2.00 \times 10^{-4}\ T$$

لليمين

قطوف فيزيائية

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

8

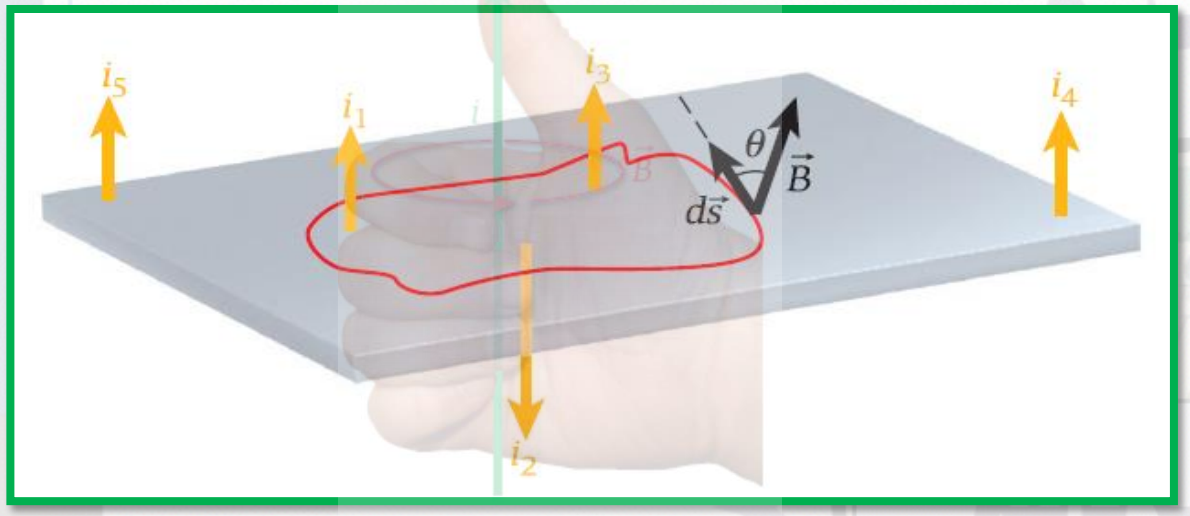
8.3 قانون أمبير
وحل المسائل34 و47



قناة قطوف فيزيائية

قانون جاوس	قانون أمبير
حساب المجال الكهربائي الناتج عن توزيع منتظم للشحنات	حساب المجال المغناطيسي الناتج عن توزيع عناصر التيار
$\oiint \vec{E}.d\vec{A} = \frac{q_{enc}}{\varepsilon_0}$	$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$
يُطبق القانون على سطح مغلق يحصر بداخله شحنة يسمى بسطح جاوس	يُطبق القانون على حلقة مغلقة تحصر بداخلها تيار تُسمى بالحلقة الأمبيرية

قانون أمبير



$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

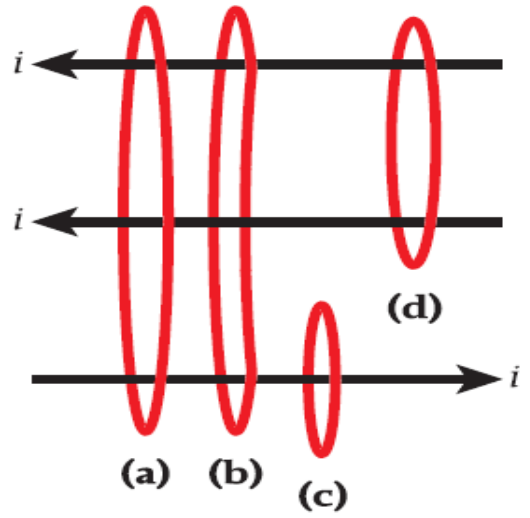
$$\oint B\cos\theta ds = \mu_0(i_1 - i_2 + i_3)$$

- i_5 و i_4 : يقعان خارج الحلقة الأمبيرية لذا لاتدخل في عملية التكامل
- θ : الزاوية المحصورة بين $d\vec{s}$ و $\vec{B}$
- يتم تحديد إشارة التيار حسب قاعدة قبضة اليد اليمنى حيث تُشير الأصابع الملتفة مع $d\vec{s}$ فيشير الابهام إلى الإتجاه الموجب للتيار
- يُمكن إجراء التكامل في أي من الإتجاهين

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

مراجعة المفاهيم 8.7

تحمل الأسلاك الثلاثة تيارات بالمقدار نفسه، i، في الاتجاهات الموضَّحة في الشكل. وتظهر أربع حلقات أمبيرية (a)، و(b)، و(c)، و(d). ما الحلقة الأمبيرية التي يكون فيها مقدار $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ عند أقصى قيمة له؟



a) الحلقة a

b) الحلقة b

c) الحلقة c

d) الحلقة d

e) تنتج كلُّ الحلقات الأربع القيمة نفسها لـ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$

المجال المغناطيسي لسلك طويل مستقيم

خارج السلك
$r > R$

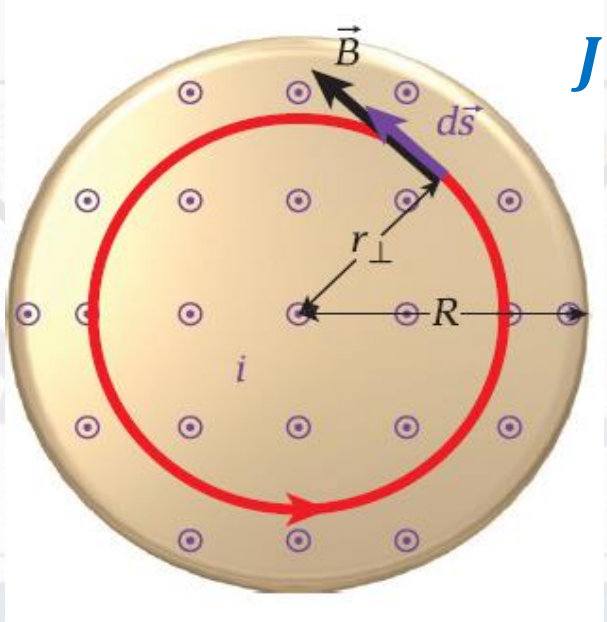
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$B\cos 0 \times 2\pi r = \mu_0\, i$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi\, r}$$

على سطح السلك
$r = R$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi\, R}$$



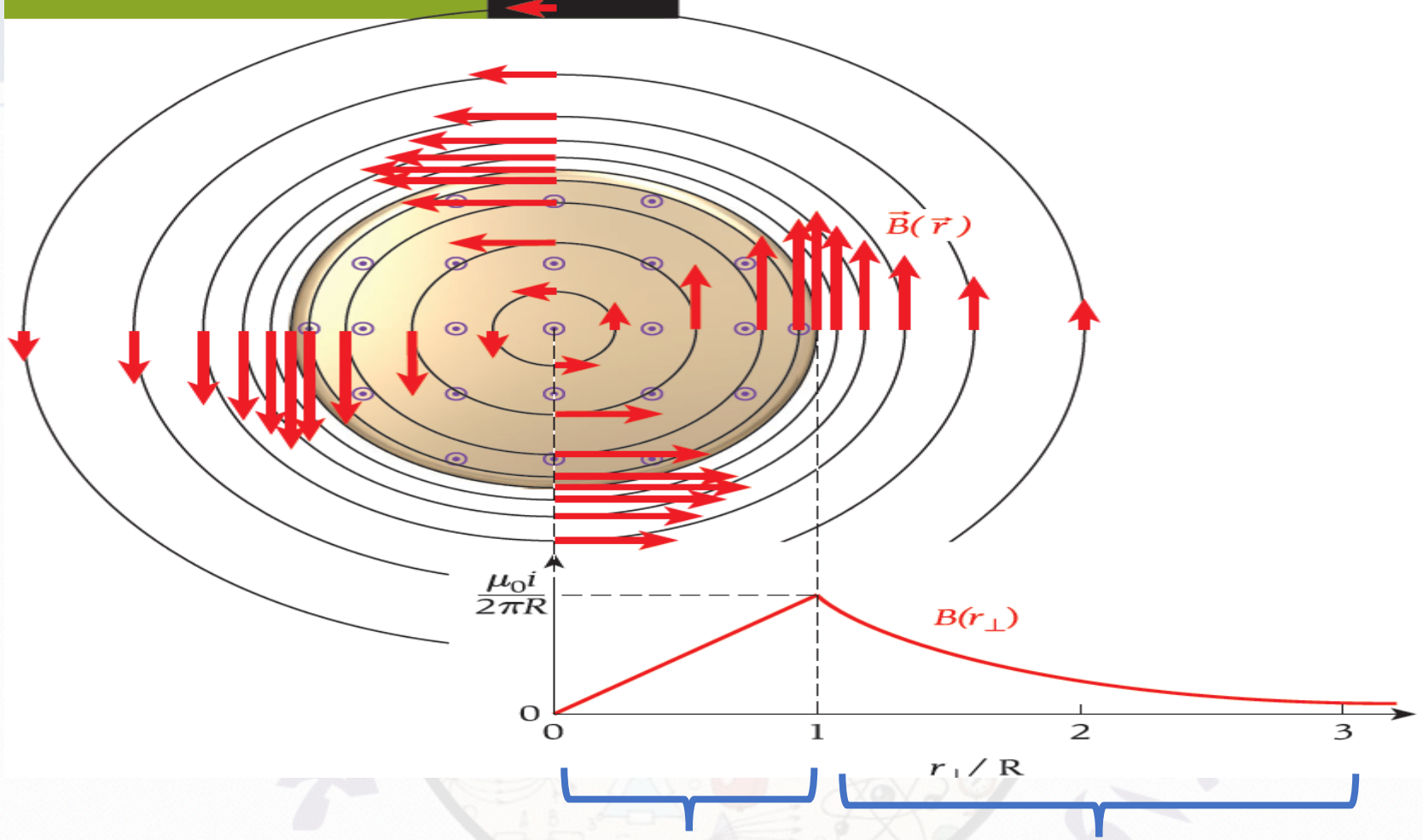
داخل السلك
$r < R$

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$J = \frac{i_{enc}}{\pi r^2} = \frac{i_{tot}}{\pi R^2} \qquad i_{enc} = \frac{i_{tot}\, r^2}{R^2}$$

$$B\cos 0 \times 2\pi r = \mu_0 \frac{i_{tot}\, r^2}{R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 i\, r}{2\pi R^2}$$



داخل السلك

$r < R$

يزداد المجال المغناطيسي بزيادة البعد عن مركز السلك

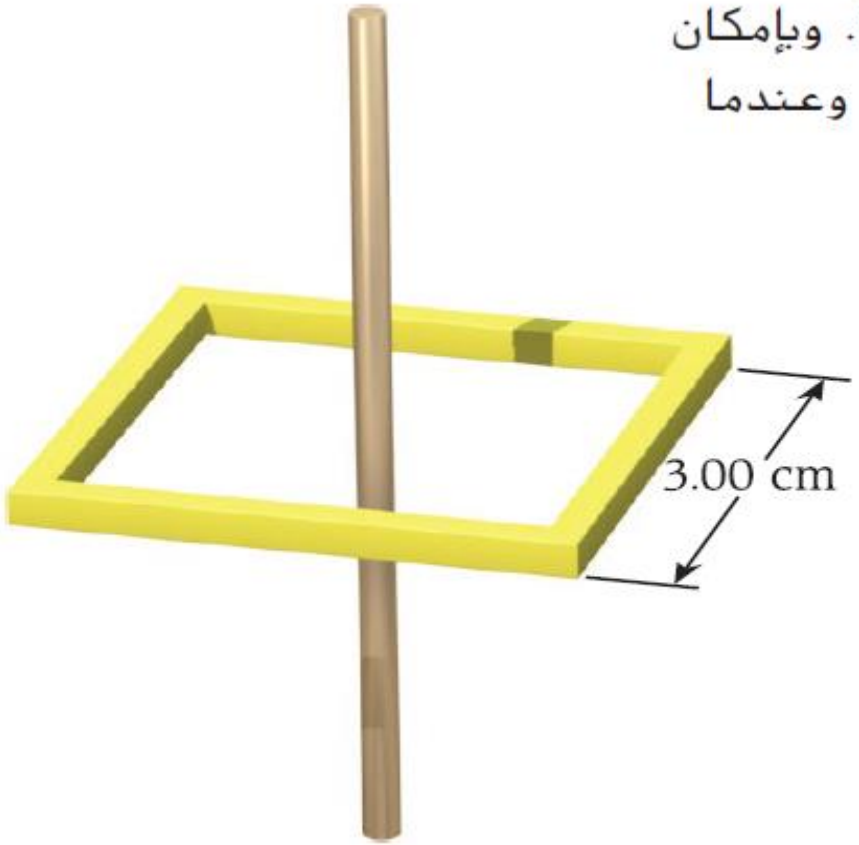
تبلغ أقصى قيمة للمجال على سطح السلك

خارج السلك

$r > R$

يقل المجال المغناطيسي بزيادة البعد عن مركز السلك

8.34 يبلغ طول ضلع أميتر مربع 3.00 cm. وبإمكان أضلاعه قياس المجال المغناطيسي المُعرضَة له. وعندما يُثبَّت الأميتر حول سلك يحمل تيارًا مستمرًا كما يظهل في الشكل. تكون القيمة المتوسطة للمجال المغناطيسي المَقيس على الأضلاع 3.00 G.ما مقدار التيار في السلك؟



$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$B\cos 0 \times 4L = \mu_0\, i$$

$$i = \frac{B\cos 0 \times 4L}{\mu_0}$$

$$i = \frac{(3.00 \times 10^{-4})(4 \times 3.00 \times 10^{-2})}{(4\pi \times 10^{-7})} = 28.6\, A$$

$$a)\quad B = 0$$

$$b)\ B = \frac{\mu_0 i\, r}{2\pi R^2}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35 \times 4.00 \times 10^{-2}}{2\pi (0.10)^2}$$

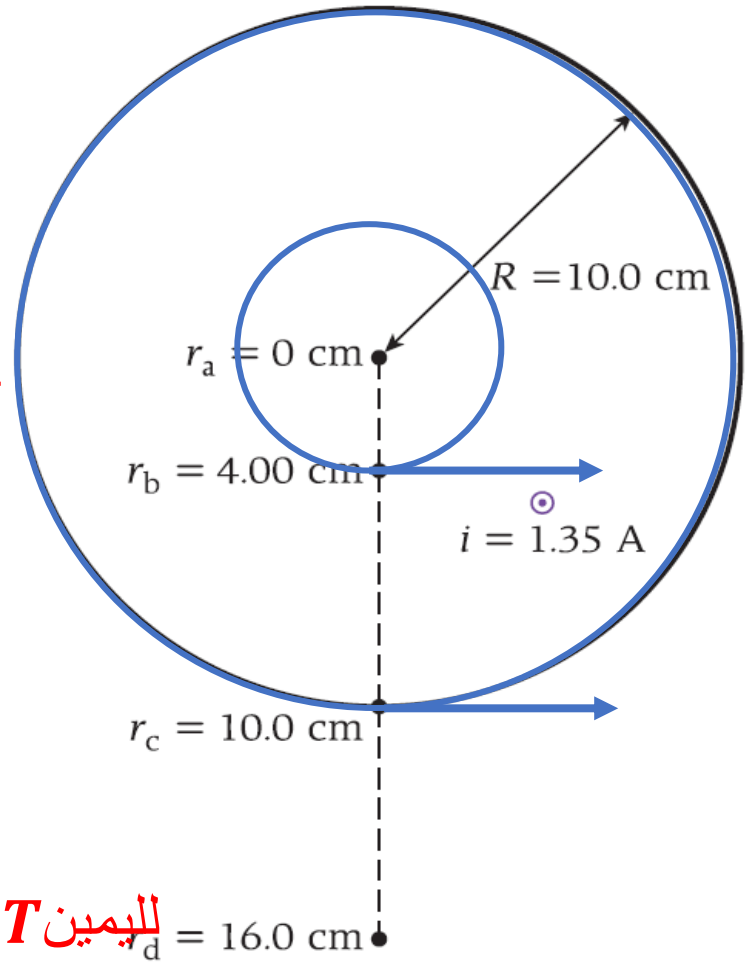
$$B = 1.08 \times 10^{-6}\ T \text{ لليمين}$$

$$c)\ B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi \times 0.10} = 2.7 \times 10^{-6}\ T \text{ لليمين}$$

$$d)\ B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi \times 0.16} = 1.69 \times 10^{-6}\ T \text{ لليمين}$$



8.47 يعرض الشكل مقطعًا عرضيًا عبر قطر دائرة موصل أسطواني طويل مصمت. يبلغ نصف قطر الأسطوانة $R = 10.0$ cm. يُوزَع تيار مقداره 1.35 A بانتظام على الموصل ويتدفق خارجًا من الصفحة. احسب اتجاه ومقدار المجال المغناطيسي في المواقع $r_a = 0.0$ cm، $r_b = 4.00$ cm، $r_c = 10.0$ cm، و $r_d = 16.0$ cm.

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

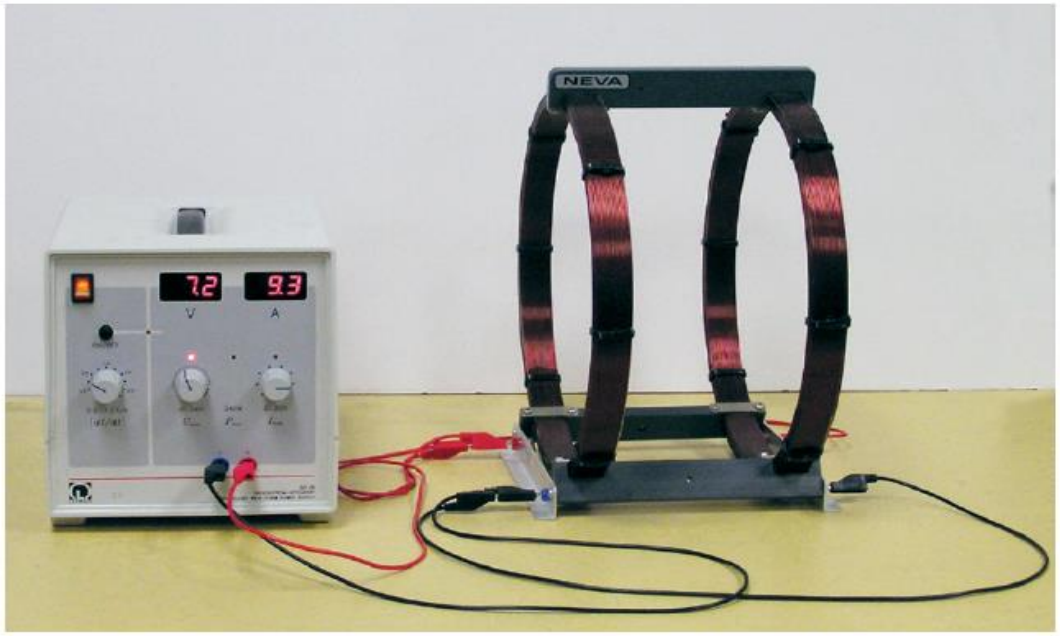
8

8.4 المجالات المغناطيسية الخاصة بالملفات اللولبية والحلقية



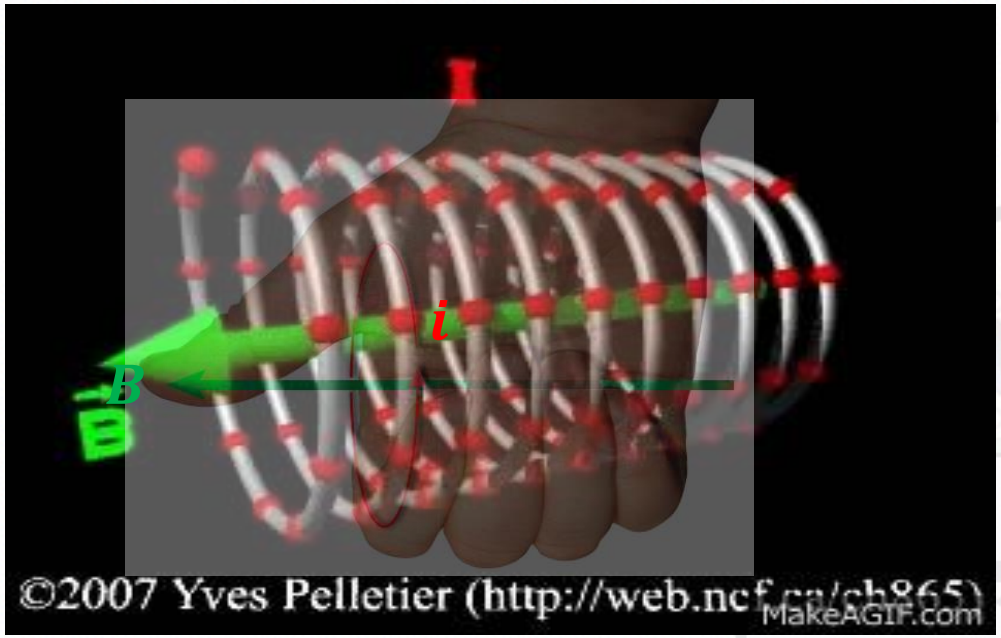
قناة قطوف فيزيائية

ملف هلمهولتز



- يتكون من حلقتين محوريتين من السلك
  وتتكون كل حلقة محورية من عدة لفات
- يكون المجال المغناطيسي منتظماً عند المركز بين الحلقات
- يكون المجال المغناطيسي غير منتظم خارج الملف

الملف اللولبي (الحلزوني)



- عند مرور تيار كهربائي في ملف لولبي يتولد مجال مغناطيسي يُشبه مجال المغناطيس ويكون طرفا الملف أحدهما قطب شمالي والأخر قطب جنوبي
- يتم تحديد المجال المغناطيس داخل الملف من العلاقة :

$$B = \mu_0 \, n \, i = \frac{\mu_0 \, N \, i}{l}$$

- $n = \frac{N}{l}$: عدد اللفات في وحدة الأطوال $(m/\text{لفة})$
- يمكن استخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي :
  - الأصابع الملتفة تشير إلى اتجاه التيار في الملف
  - الإبهام يُشير إلى المجال المغناطيسي (القطب الشمالي)
- يكون المجال المغناطيسي خارج الملف اللولبي النموذجي صفر
- لا يعتمد المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي على نصف قطر الملف

مثال 8.2 الملف اللولبي

للملف اللولبي الخاص بالكاشف STAR الموجود في مختبر بروكهافن الوطني في نيويورك، والذي تناولناه بالمناقشة في الوحدة 7، مجال مغناطيسي مقداره 0.50 T عندما يمر فيه تيار مقداره 0.40 kA. ويبلغ طول الملف اللولبي 8.0 m.

المسألة

ما عدد اللفات في هذا الملف اللولبي، بافتراض أنّه ملف لولبي نموذجي؟

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

$$0.50 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N \times 0.40 \times 10^{3}}{8.0}$$

$$N = 8.0 \times 10^{3} \text{ لفة}$$

مراجعة المفاهيم 8.8

لديك ملفٌّ لولبي يحتوي على عدد محدد من اللفات، موصَّل بمصدر طاقة يمكنه إمداد كمية ثابتة من التيار. لمضاعفة المجال داخل الملف اللولبي، يمكنك

a) مضاعفة نصف قطر الملف اللولبي.

b) شطر نصف قطر الملف اللولبي نصفين.

c) مضاعفة طول الملف اللولبي.

d) شطر طول الملف اللولبي نصفين.

$$B = \mu_0 n\ i\ = \frac{\mu_0 N\ i}{l}$$

قطوف فيزيائية

مسألة محلولة 8.5

حركة الإلكترون داخل ملف لولبي يمر فيه تيار

يحتوي الملف اللولبي النموذجي على 200 لفة لكل cm. يتحرَّك الإلكترون داخل الملف اللولبي في دائرة نصف قطرها $r = 3.00\ cm$ متعامدًا على محور الملف اللولبي. يتحرّك الإلكترون بسرعة $v = 0.0500c$، حيث c هي سرعة الضوء.

المسألة

ما مقدار التيار في الملف اللولبي؟

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$3.00 \times 10^{-2} = \frac{(9.11 \times 10^{-31})(0.05 \times 3.0 \times 10^{8})}{(1.6 \times 10^{-19})\,B}$$

$$B = 2.85 \times 10^{-3} T$$

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

$$2.85 \times 10^{-3} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times i}{1.0 \times 10^{-2}} \qquad i = 0.113\ A$$

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

8

8.4 المجالات المغناطيسية الخاصة بالملفات اللولبية والحلقية
وحل المسائل 50 و51 و52 و53و 54 و55



قناة قطوف فيزيائية

8.50 يتدفق تيار مقداره 2.00 A خلال ملف لولبي يحتوي على 1000 لفة، وتبلغ مساحته $L = 40.0\ cm$. ما مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي؟

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

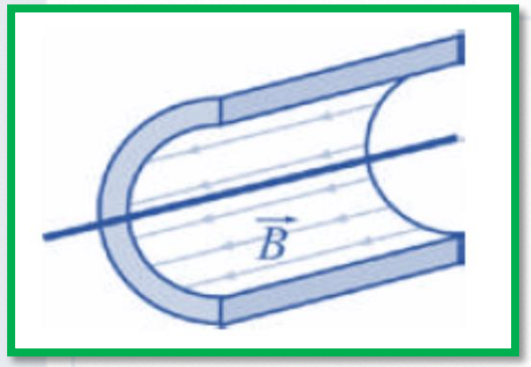
$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 2.00}{40.0 \times 10^{-2}} = 6.28 \times 10^{-3} T$$

8.51 يبلغ قطر الملف اللولبي A ضِعف قطر الملف اللولبي B، وطوله ثلاثة أضعاف طول الملف اللولبي B، وعدد لفاته أربعة أضعاف عدد لفات الملف اللولبي B. يتدفق خلال الملفين تياران متساويان في المقدار. أوجِد نسبة مقدار المجال المغناطيسي في الجزء الداخلي من الملف اللولبي A إلى مقدار المجال المغناطيسي في الجزء الداخلي من الملف اللولبي B.

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{\frac{\mu_0 N_A i}{l_A}}{\frac{\mu_0 N_B i}{l_B}}$$

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{N_A l_B}{N_B l_A}$$

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{4 \times 1}{1 \times 3} = \frac{4}{3}$$



8.52 رُبِطَ ملف لولبي طويل (يبلغ نصف قطره 6.00 cm) بسلك رفيع مكوَّن من 1000 لفة في المتر، الذي يمر خلاله تيار مقداره 0.250 A. وأُدخِلَ سلك يحمل تيارًا مقداره 10.0 A على طول محور الملف اللولبي. ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على بُعد 1.00 cm من المحور؟

$$B_{\text{ملف}} = \frac{\mu_0 Ni}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 0.250}{1} = 3.14 \times 10^{-4} T$$

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10.0}{2\pi \times 1.00 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{-4} T$$

$$B_{net} = \sqrt{B_{\text{ملف}}{}^2 + B_{\text{سلك}}{}^2}$$

$$B_{net} = \sqrt{(3.14 \times 10^{-4})^2 + (2.0 \times 10^{-4})^2} = 3.72 \times 10^{-4} T$$

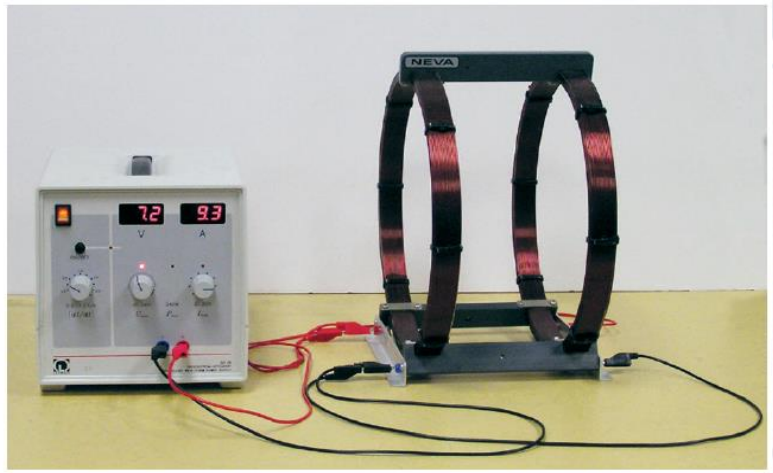
8.53 يحمل سلك مستقيم طويل تيارًا مقداره 2.5 A.

a) ما شدة المجال المغناطيسي على مسافة 3.9 cm من السلك؟

b) إذا كان السلك لا يزال يحمل تيارًا مقداره 2.5 A، ولكنه يُستخدَم في تكوين ملف لولبي طويل يحتوي على 32 لفة في السنتيمتر الواحد ويبلغ نصف قطره 3.9 cm، فما شدة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي؟

$$a)\ B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2.5}{2\pi \times 3.9 \times 10^{-2}} = 1.28 \times 10^{-5} T$$

$$b)\ B_{\text{ملف}} = \frac{\mu_0\, Ni}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 32 \times 2.5}{0.01} = 1.01 \times 10^{-2} T$$



8.54 يعرض الشكل 8.20a ملف هلمهولتز يُستخدَم في توليد مجالاتٍ مغناطيسية منتظمة. افترض أن ملف هلمهولتز يتكوّن من مجموعتين من حلقات الأسلاك المحورية المكوَّنة من 15 لفة بنصف قطر $R = 75.0\ \text{cm}$، التي تبعد عن بعضها بمسافة R، ويحمل كل ملف تيارًا مقداره $0.123\ \text{A}$ يتدفق في الاتجاه نفسه. احسب مقدار واتجاه المجال المغناطيسي في المنتصف بين الملفات.

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15 \times 0.123}{2} \frac{(0.75)^2}{(0.75^2 + (\frac{0.75}{2})^2)^{\frac{3}{2}}} = 1.11 \times 10^{-6}\ T$$

$$B_{net} = 2B = 2 \times 1.11 \times 10^{-6} = 2.21 \times 10^{-6} T$$

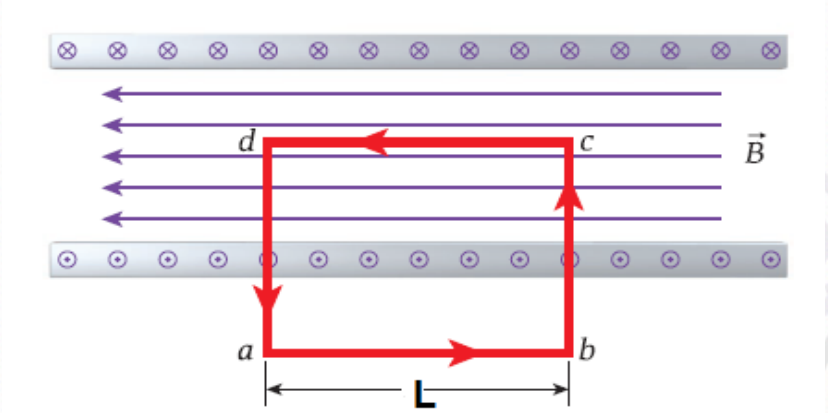
8.55• يستخدم جهاز للكشف عن الجسيم ملفًا لولبيًا مكوَّن من سلك يحتوي على 550 لفة في السنتيمتر الواحد. يحمل السلك تيارًا مقداره 22 A. يبلغ نصف القطر الداخلى لجهاز كشف أسطوانى يقع داخل الملف اللولبى 0.80 cm.
وُجِّهت أشعة الإلكترون والبوزيترون نحو الملف اللولبي الموازي لمحوره. ما أقل كمية حركة (زَخْم) متعامدة على محور الملف اللولبي يمكن أن يحتوي عليها الجسيم في حال إمكانية إدخاله في جهاز الكشف؟

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 550 \times 22}{1 \times 10^{-2}} = 1.52\ T$$

$$p = r\ q\ B$$

$$p = (0.80 \times 10^{-2})(1.6 \times 10^{-19})(1.52) = 1.95 \times 10^{-21}\ kg.m/s$$

الملف اللولبي (الحلزوني)

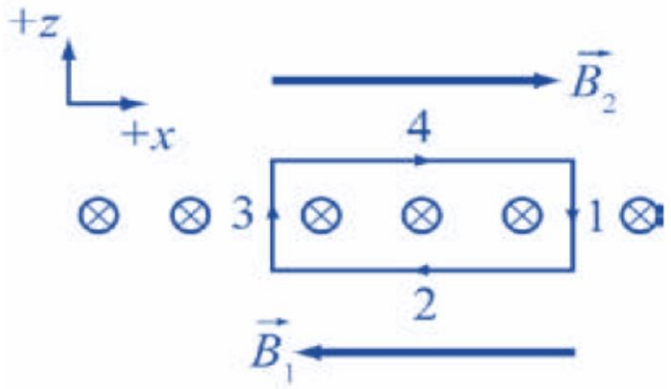


$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{s} + \int_b^c \vec{B}.d\vec{s} + \int_c^d \vec{B}.d\vec{s} + \int_d^e \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

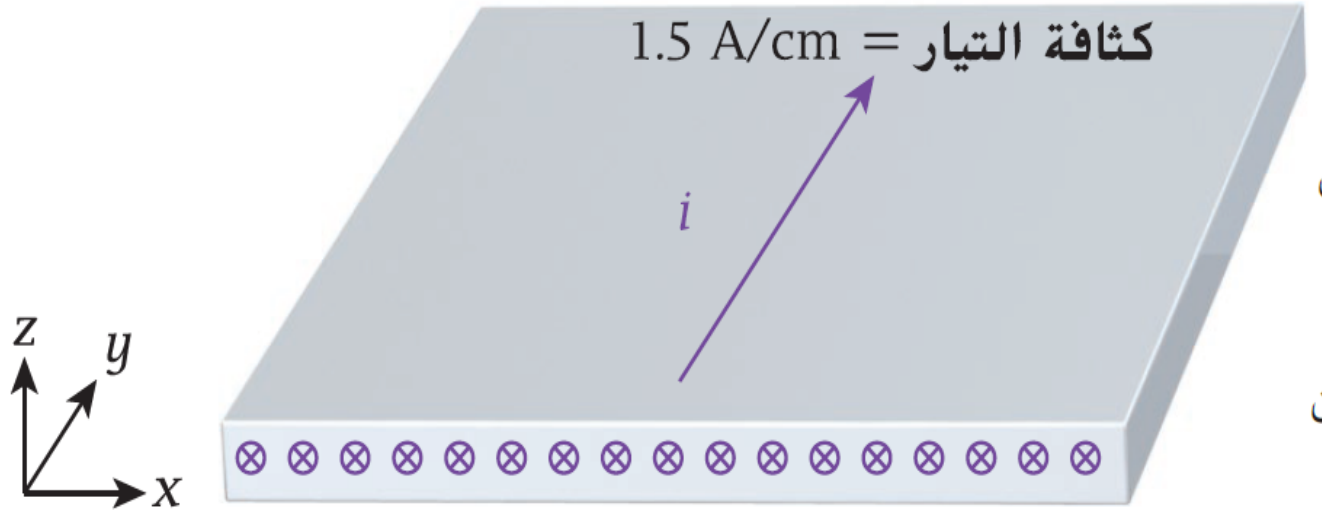
$$BL = \mu_0 N\, i$$

$$B = \frac{\mu_0 N\, i}{L} = \mu_0 n\, i$$



8.49• صفيحة كبيرة جدًا من مادة موصلة تقع في المستوى xy، كما يظهر في الشكل. يتدفق خلالها تيار منتظم في الاتجاه y. تبلغ كثافة التيار 1.5 A/cm.

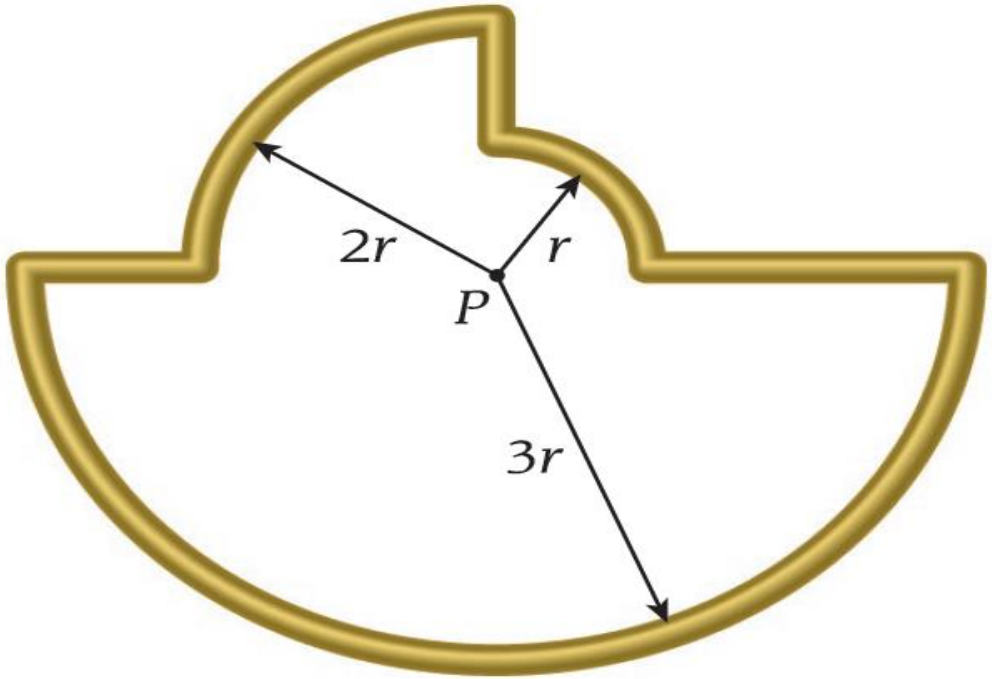
استخدم قانون أمبير لـــ حساب اتجاه ومقدار المجال المغناطيسي أعلى مركز الصفيحة مباشرةً (بعيدًا عن أيٍّ من الحواف).



$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$2\,B\,L = \mu_0(1.5\times10^2)L$$

$$B = \frac{\mu_0(1.5\times10^2)}{2} = \frac{(4\pi\times10^{-7})(1.5\times10^2)}{2} = 9.4\times10^{-5}\ T$$



8.85 تحمل الحلقة الموضَّحة في الشكل تيارًا مقداره 3.857 A، والمسافة $r = 1.411\ m$. ما مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة P داخل الحلقة؟

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2R}$$

$$B_{net} = \frac{\mu_0 i}{2}\left(\frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2} + \frac{N_3}{R_3}\right)$$

$$B_{net} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3.857}{2}\left(\frac{0.25}{1.411} + \frac{0.25}{2 \times 1.411} + \frac{0.5}{3 \times 1.411}\right) = 9.3 \times 10^{-7} T$$

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

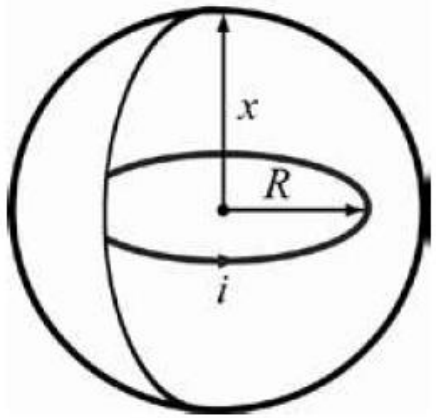
8

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر
وحل المسائل33 و35 و65 و72و 76



قناة قطوف فيزيائية

8.33 افترض أنَّ المجال المغناطيسي للأرض ناتج عن تيار مفرد يتحرّك في دائرة نصف قطرها 2.00×10^3 km عبر لُبّ الأرض المنصهر. وتبلغ شدة المجال المغناطيسي للأرض على السطح القريب من قطب مغناطيسي 6.00×10^{-5} T تقريبًا. كم تبلغ تقريبًا شدة التيار الازمة لتوليد هذا المجال؟



$$B = \frac{\mu_0 N i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$6.00 \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times i}{2} \frac{(2.00 \times 10^6)^2}{((6.38 \times 10^6)^2 + (2.00 \times 10^6)^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$6.00 \times 10^{-5} = 8.408 \times 10^{-15} i$$

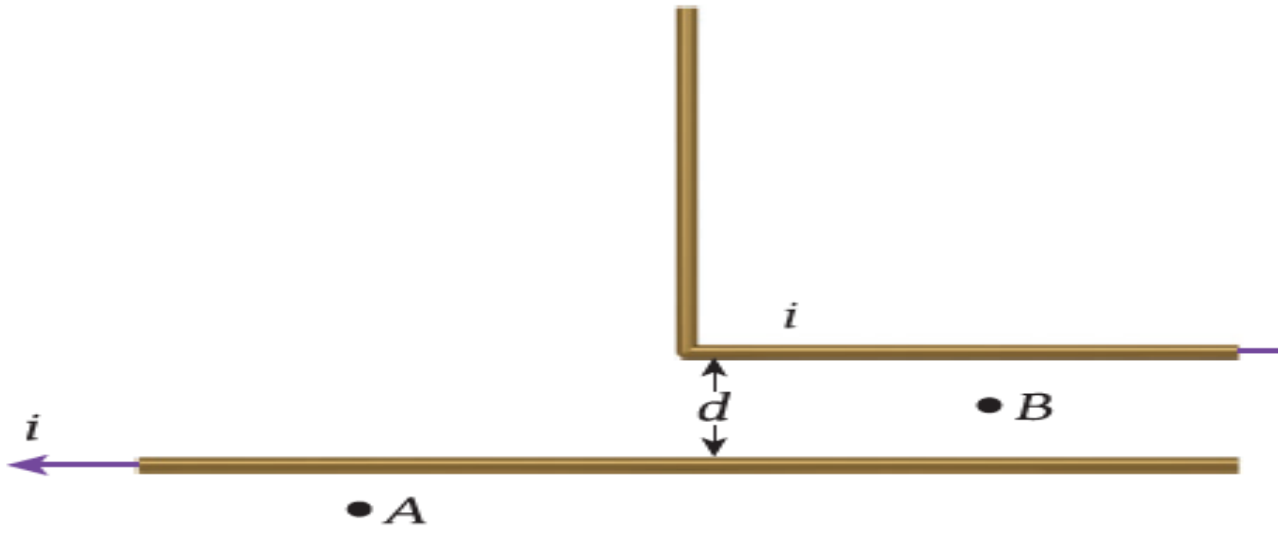
$$i = 7.14 \times 10^9 \ A$$

8.35• يقع سلك مستقيم طويل يحمل تيارًا مقداره 2.00−A على المحور x. ويتحرّك جسيم شحنته $q = -3.00\ \mu C$ موازيًا للمحور y عند النقطة $(x,y,z) = (0,2,0)$. أين يجب وضع سلك مستقيم طويل آخر في المستوى xy حتى لا يتأثر الجسيم بأي قوة مغناطيسية عند عبوره المستوى؟

قطوف فيزيائية

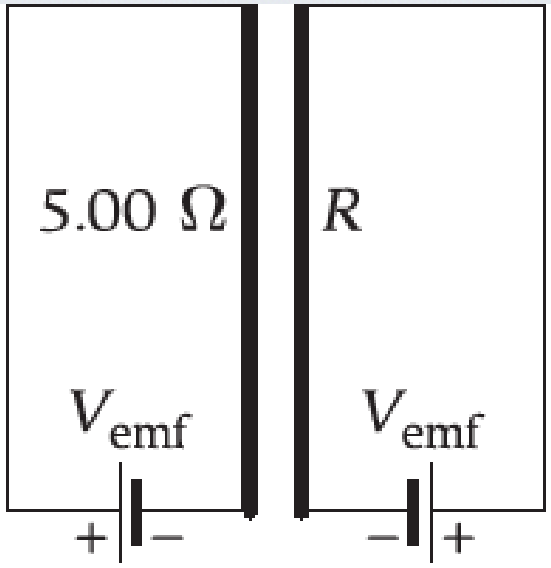
ينعدم المجال في منتصف المسافة بين السلكين الذي يمر فيهما نفس مقدار التياران في نفس الاتجاه لذا يق السلك الثاني عند (0 ,4,0)

8.65 تفضل مسافةٌ رأسية d بين السلكين في الشكل. تقع النقطة B عند نقطة المنتصف بين السلكين، بينما تقع النقطة A على مسافة $d/2$ من السلك السفلي. والمسافة الأفقية بين A وB أكبر بكثير من d. يحمل كلا السلكين التيار نفسه، i. وتبلغ شدة المجال المغناطيسي عند النقطة A تكون 2.00 mT. ما شدة المجال عند النقطة B؟



$$B = 2 \times 2.00 \times 10^{-3} = 4.00 \times 10^{-3}\ T$$

عمودي على مستوى الصفحة نحو الداخل



8.76 وُصِّلَ سلكان، يبلغ طول كل منهما 25.0 cm، ببطاريتين منفلصتين شدة كل منهما 9.00–V، كما يظهر في الشكل. تبلغ مقاومة السلك الأول 5.00 V، بينما مقاومة السلك الآخر غير معروفة (R). إذا كانت المسافة الفاصلة بين السلكين هي 4.00 mm، فما قيمة R التي ستُولِّد قوةً مقدارها 4.00×10^{-5} N بينهما؟ وهل هي قوة جذب أم قوة تنافر؟

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r} \quad : i = \frac{\Delta V}{R}$$

$$4.00 \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{9.00}{5.00} \times \frac{9.00}{R} \times 0.25}{2\pi \times 4.00 \times 10^{-3}}$$

$$4.00 \times 10^{-5} = \frac{2.025 \times 10^{-6}}{R}$$

$$R = 5.06\ \Omega$$

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

8

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر
وحل المسائل 48 و 70

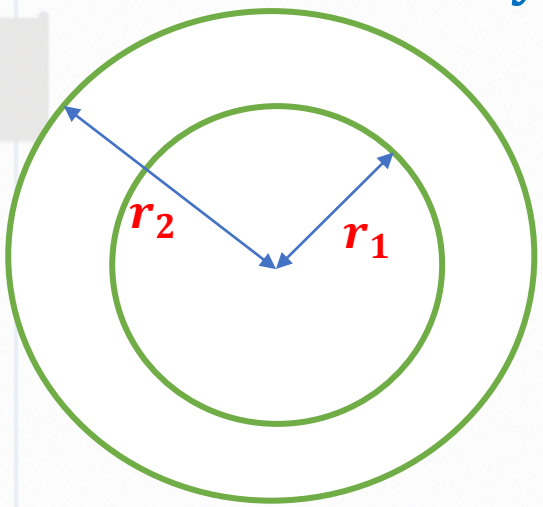


قناة قطوف فيزيائية

8.48 يتكوَّن سلك محوري من لب نحاسي نصف قطره 1.00 mm محاط بغلافٍ نحاسي يبلغ نصف قطره الداخلي 1.50 mm ويبلغ نصف قطره الخارجي 2.00 mm. ويتدفق التيار، i، في اتجاه واحد في اللب وفي الاتجاه المعاكس في الغلاف. مثِّل مقدار المجال المغناطيسي بيانيًا في صورة دالة للمسافة من مركز السلك.

المجال المغناطيسي لسلك مجوف

$$J = \frac{i}{A} = \frac{i_{\text{سلك}}}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} = \frac{i_{enc}}{\pi(r^2 - r_1^2)}$$



المجال المغناطيسي عند $r < r_1$

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$B = 0$$

المجال المغناطيسي عند $r_1 < r < r_2$

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$B\,2\pi r = \frac{\mu_0\, i(r^2 - r_1^2)}{(r_2^2 - r_1^2)}$$

$$B = \frac{\mu_0\, i(r^2 - r_1^2)}{2\pi r\,(r_2^2 - r_1^2)}$$

المجال المغناطيسي عند $r > r_2$

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r}$$

8.48 •• يتكوَّن سلك محوري من لب نحاسي نصف قطره 1.00 mm محاط بغلافٍ نحاسي يبلغ نصف قطره الداخلي 1.50 mm ويبلغ نصف قطره الخارجي 2.00 mm. ويتدفق التيار، i، في اتجاه واحد في اللب وفي الاتجاه المعاكس في الغلاف. مثِّل مقدار المجال المغناطيسي بيانيًا في صورة دالة للمسافة من مركز السلك.

المجال المغناطيسي عند $r < 1\ mm$

$$B = \frac{\mu_0\, i\, r}{2\pi(0.001)^2}$$

المجال المغناطيسي عند $r = 1\ mm$

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi(0.001)}$$

المجال المغناطيسي عند $r = 1.50mm$

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi(0.0015)}$$

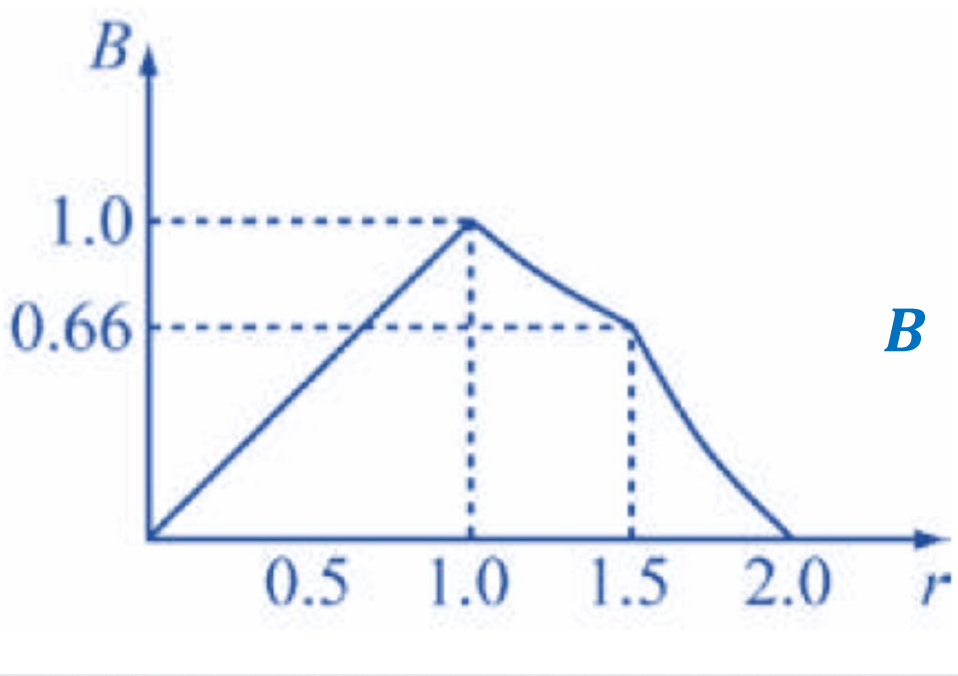
المجال المغناطيسي عند $1.50mm < r < 2.00mm$

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r} - \frac{\mu_0\, i(r^2 - r_1^2)}{2\pi r\,(r_2^2 - r_1^2)}$$

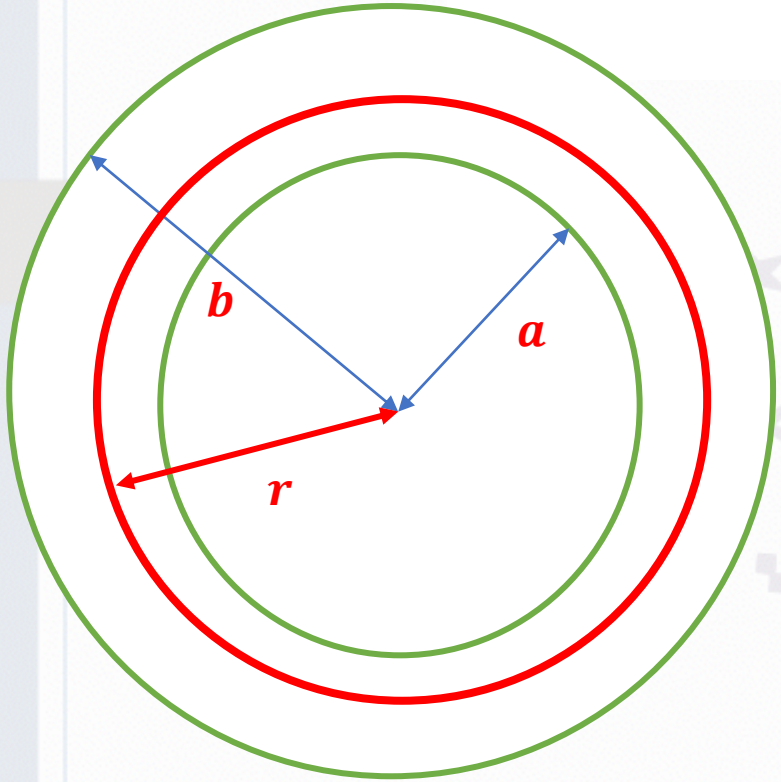
$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r}\left(1 - \frac{(r^2 - r_1^2)}{(r_2^2 - r_1^2)}\right) = \frac{\mu_0\, i}{2\pi r}\left(\frac{(r_2^2 - r^2)}{(r_2^2 - r_1^2)}\right)$$

المجال المغناطيسي عند $r = 2.00mm$

$$B = 0$$



8.70 في كابل محوري، يحمل اللُّب المصمت التيار i. ويحمل أيضًا الغلاف التيار i ولكنه يكون في الاتجاه المعاكس، ونصف قطره الداخلي a، ونصف قطره الخارجي b. وتُوزَّع كثافة التيار بالتساوي على كل موصل. أوجِد تعبيرًا لإيجاد المجال المغناطيسي على مسافة $a < r < b$ من مركز اللُّب.



$$J = \frac{i}{A} = \frac{i_{\text{سلك}}}{\pi(b^2 - a^2)} = \frac{i_{enc}}{\pi(r^2 - a^2)}$$

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{enc} \qquad B\,2\pi r = \mu_0 \left(i - \frac{i(r^2 - a^2)}{(b^2 - a^2)} \right)$$

$$B\,2\pi r = \mu_0 i \left(1 - \frac{(r^2 - a^2)}{(b^2 - a^2)} \right) = \frac{\mu_0 i(b^2 - r^2)}{(b^2 - a^2)}$$

$$B = \frac{\mu_0 i(b^2 - r^2)}{2\pi r(b^2 - a^2)}$$

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

Magnetic Fields of Moving Charges

8



حلول أسئلة الإختيارات

قناة قطوف فيزيائية

8.1 السلكان الطويلان المستقيمان متوازيان. يمر في السلكين تيارين مختلفين من حيث المقدار. إذا تضاعف مقدار التيار المتدفق في كل سلك، فسيصبح مقدار القوة بين الأسلاك

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi r}$$

a) ضعف مقدار القوة الأصلية.

b) أربعة أضعاف مقدار القوة الأصلية.

c) مساويًا لمقدار القوة الأصلية.

d) نصف مقدار القوة الأصلية.

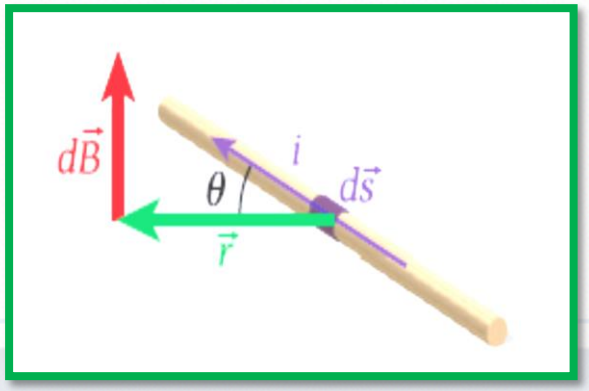
8.2 يُنتج عنصر للتيار مجالاً مغناطيسيًا في المنطقة المحيطة به. عند أي نقطة في الفضاء، يُشير المجال المغناطيسي الناتج عن عنصر التيار في اتجاه

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,d\vec{s}\times\vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\,d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

a) قطري من عنصر التيار للنقطة في الفضاء.

b) موازٍ لعنصر التيار.

c) عمودي على عنصر التيار و الاتجاه القطري.



$$B = \frac{\mu_0 Ni}{l}$$

8.3 إذا تضاعف عدد اللفات في ملف لولبي، ونقصَ طوله إلى النصف، فكيف سيتغيَّر مفدارمجاله المغناطيسي؟

a) يتضاعف.

b) ينشطر نصفين.

c) يتضاعف أربع مرات.

d) يظل كما هو دون تغيير.

8.4 تأمل سلكين متوازيين يحملان تيارًا. تُولَد المجالات المغناطيسية قوى تجاذب بين السلكين، ونتيجةً لذلك يبدو أن المجال المغناطيسي الناتج عن أحد السلكين يبذل شغلاً على السلك الآخر. كيف يُفسَّر ذلك؟

a) لا تستطيع القوة المغناطيسية أن تبذل شغلاً على شحناتٍ معزولة؛ وهذا لا يوضِّح أي شيء عن الشغل الذي يُمكن أن تبذله هذه القوة المغناطيسية على شحناتٍ محتجزة داخل موصل.

b) بما أنَّه يمكن للمجال الكهربائي وحده أن يبذل شغلاً على الشحنات، فإنَّ المجالات الكهربائية هي التي تبذل الشغل هنا.

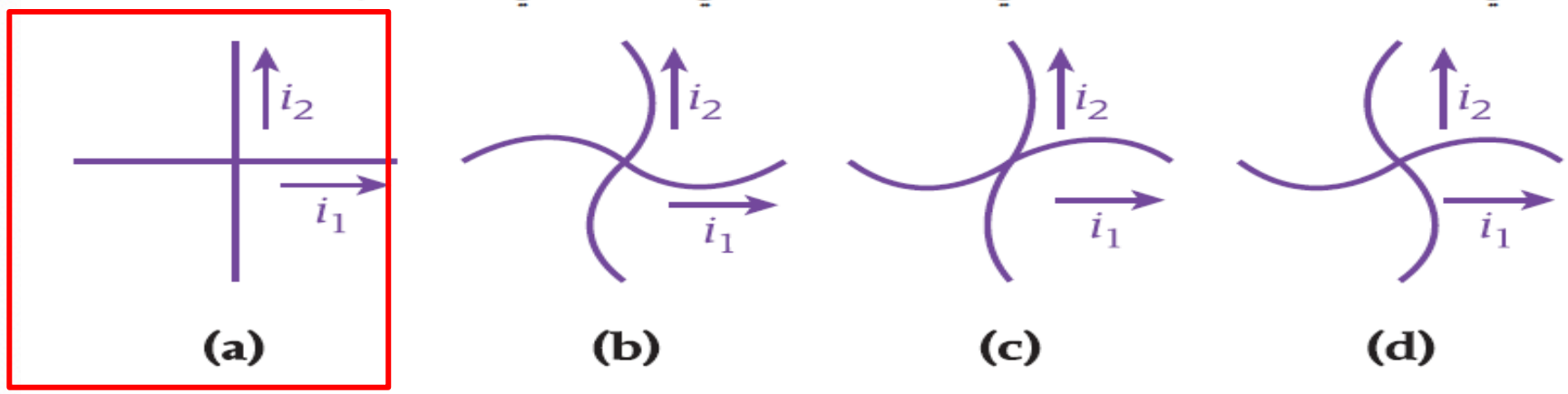
c) يرجع هذا الشغل الظاهر إلى نوع آخر من القوة.

8.5 إذا تم لف سلك مغناطيس لولبي بحيث تلمس كل حلقة الحلقات المجاورة لها. أيٌّ مما يلي سيزيد المجال المغناطيسي داخل المغناطيس؟

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

a) تصغير نصف قطر الحلقات
b) زيادة نصف قطر السلك
c) زيادة نصف قطر المغناطيس اللولبي
d) تصغير نصف قطر السلك
e) غمر المغناطيس في البنزين

8.6 تقاطُع السلكين المعزولين بزاوية 90°. تم تمرير تيارَيْن خلال السلكين. أيٌّ من الاشكال التالية يقدم أفضل تمثيل لترتيب السلكين إذا كان التيار في السلك الأفقي يتدفق في اتجاه x الموجب والتيار في السلك الرأسي يتدفق في اتجاه y الموجب؟



$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2R}$$

8.7 ما القاعدة العملية الجيدة لتصميم ملف مغناطيسي بسيط؟ إذا كان لدينا ملف دائري يبلغ نصف قطره ~ 1 cm، فما المقدار التقريبي للمجال المغناطيسي بالغاوس لكل أمبير في كل لفة؟ (*ملاحظة*: 1 G = 0.0001 T)

a) (A–لفة)/0.0001 G
b) (A–لفة)/0.01 G
c) (A–لفة)/1 G
d) (A–لفة)/100 G

$$\frac{B}{Ni} = \frac{\mu_0}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-2}} \times 10^4 = 0.6\, G/A.turn$$

8.8 أسطوانة صلبة تحمل تيارًا منتظمًا فوق مقطعها العرضي. أين يوجد أكبر مقدار للمجال المغناطيسي؟

a) عند مركز المقطع العرضي للأسطوانة
b) في منتصف الأسطوانة
c) على السطح
d) لا شيء مما سبق

8.9 سلكان طويلان مستقيمان يتدفق فيهما تياران في اتجاهٍ واحد، كما يظهر في الشكل. وتكون القوة بين السلكين

a) جاذبة. b) تنافرية. c) صفرًا.

8.10 في تجربة للتأثير المغناطيسي البصري، وُضِعَتْ قارورة كروية الشكل بحجم 10 mL تحتوي على عينة سائل في مجالٍ مغناطيسي منتظم بدرجة كبيرة وسُلِّطَ شعاع ليزِر عبر العينة. أيٌّ مما يلي يجب استخدامه لإنشاء المجال المغناطيسي المنتظم اللازم في التجربة؟

a) ملف مُسطَّح قطره 5 cm مُكوَّن من لفة واحدة من سلك معياره 4

b) ملف ملفوف بإحكام مصنوع من سلك معياره 18 مكّون من 20 لفة في طبقة واحدة ويبلغ قطره 10 cm

c) ملف لولبي طوله 10 cm وقطره 2 cm ملفوف بإحكام ومصنوع من سلك معياره 18

d) مجموعة من ملفين محوريين يبلغ قطر كل منهما 10 cm ويحتوي كل منهما على لفة واحدة من سلك معياره 4 ويبعد الملفان عن بعضهما بمسافة 5 cm

8.11 افترض أنه يُمكن تمثيل صاعقة برقٍ على هيئة تيارٍ في خط مستقيم طويل. إذا مرَّت شحنة مقدارها 15.0 C بنقطةٍ في زمن 1.50×10^{-3} s. فما مقدار المجال المغناطيسي على مسافة 26.0m من صاعقة البرق؟

a) 7.69×10^{-5} T
b) 9.22×10^{-3} T
c) 4.21×10^{-2} T
d) 1.11×10^{-1} T
e) 2.22×10^{2} T

$$B=\frac{\mu_0\, i}{2\,\pi\, d}$$

$$B=\frac{4\pi\times10^{-7}\times\dfrac{15.0}{1.50\times10^{-3}}}{2\,\pi\,\times26.0}=7.69\times10^{-5}\,T$$

8.12 ملفان لولبيان متساويان في الطول، عدد اللفات في الملف اللولبي 1 أكبر بمقدار 15 مرةً ونصف قطره أكبر بمقدار $\frac{1}{9}$ ويحمل تيارًا يبلغ مقداره 7 أضعاف شدة التيار في الملف اللولبي 2. احسب نسبة مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي 1 إلى مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي 2.

a) 105
b) 123
c) 144
d) 168
e) 197

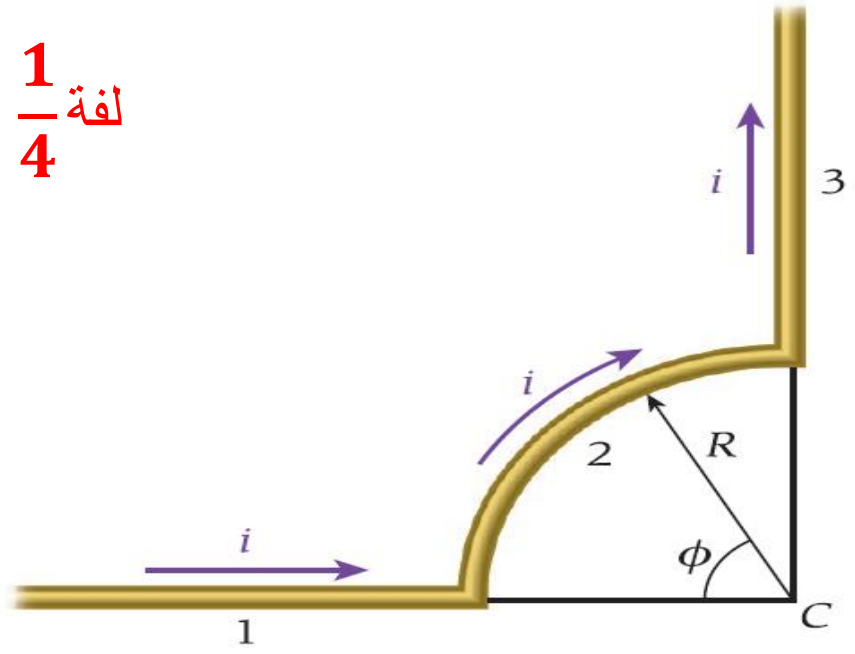
$$\frac{B_1}{B_2}=\frac{\dfrac{\mu_0\,N_1 i_1}{l}}{\dfrac{\mu_0\,N_2 i_2}{l}}$$

$$\frac{B_1}{B_2}=\frac{N_1 i_1}{N_2 i_2}\qquad \frac{B_1}{B_2}=\frac{15\times7}{1\times1}=105$$

$$B = \frac{\mu_0 N\, i}{2\, R} \quad : N = \frac{\theta}{360} = \frac{1}{4}$$ لفة

$$B = \frac{\mu_0\, i}{8\, R}$$

8.13 يحمل السلك الموضَّح في الشكل تيارًا i ويحتوي على جزءٍ على شكل قوس دائري نصف قطره R وزاوية $2/\pi$ وقسمين مستقيمين متعامدين بشكل متبادل. وفي حال تمديدهما، سيتقاطعان مع مركز القوس، C. ما المجال المغناطيسي عند النقطة C الناتج عن السلك؟



a) $B = \frac{\mu_0 i}{2R}$

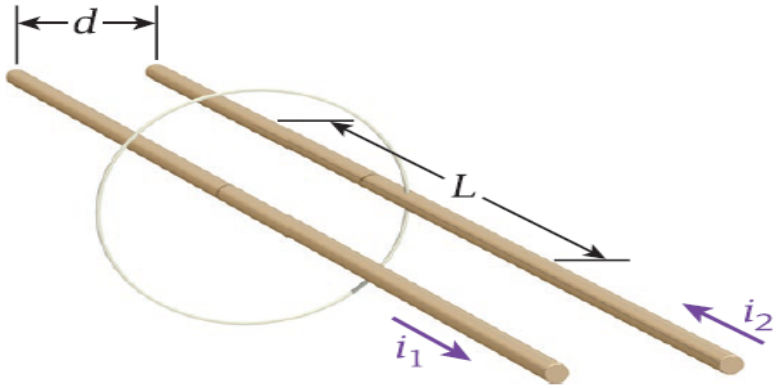
b) $B = \frac{\mu_0 i}{4R}$

c) $B = \frac{\mu_0 i}{6R}$

d) $B = \frac{\mu_0 i}{8R}$

e) $B = \frac{\mu_0 i}{12R}$

8.14 يحمل السلك 1 تيارًا i_1 ويحمل السلك 2 تيارًا i_2 في الاتجاه المعاكس، كما يظهر في الشكل. ما اتجاه القوة التي يبذلها السلك 1 على طول L من السلك 2؟



a) باتجاه السلك 1

b) بعيدًا عن السلك 1

c) لا يبذل السلك 1 قوةً على السلك 2 في هذه الحالة.