

شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية



اجابات الوحدة الثامنة:المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

[موقع المناهج](#) ⇨ [المناهج الإماراتية](#) ⇨ [الصف الثاني عشر المتقدم](#) ⇨ [فيزياء](#) ⇨ [الفصل الثاني](#) ⇨ [الملف](#)

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 11-06-2019 17:29:59 | اسم المدرس: أسامة إبراهيم النحوي

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر المتقدم



روابط مواد الصف الثاني عشر المتقدم على تلغرام

[الرياضيات](#)

[اللغة الانجليزية](#)

[اللغة العربية](#)

[التربية الاسلامية](#)

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الثاني

مراجعة شاملة نهاية الفصل	1
مراجعة نهائية قبل امتحان نهاية الفصل الثاني	2
مراجعة عامة وفق الهيكل الوزاري	3
الحل التفصيلي للمراجعة النهائية	4
أسئلة المراجعة النهائية اختبار من متعدد مع الحل	5

كل ما يحتاجه الطالب في جميع الصفوف من أوراق عمل واختبارات ومذكرات، يجده هنا في الروابط التالية لأفضل مواقع تعليمي إماراتي 100 %

<u>تطبيق المناهج الإماراتية</u>	<u>الاجتماعيات</u>	<u>الرياضيات</u>
<u>الصفحة الرسمية على التلغرام</u>	<u>الاسلامية</u>	<u>العلوم</u>
<u>الصفحة الرسمية على الفيسبوك</u>	<u>الانجليزية</u>	
<u>التربية الاخلاقية لجميع الصفوف</u>	<u>اللغة العربية</u>	
<u>التربية الرياضية</u>		
مجموعات التلغرام.	مجموعات الفيسبوك	قنوات تلغرام
<u>الصف الأول</u>	<u>الصف الأول</u>	<u>الصف الأول</u>
<u>الصف الثاني</u>	<u>الصف الثاني</u>	<u>الصف الثاني</u>
<u>الصف الثالث</u>	<u>الصف الثالث</u>	<u>الصف الثالث</u>
<u>الصف الرابع</u>	<u>الصف الرابع</u>	<u>الصف الرابع</u>
<u>الصف الخامس</u>	<u>الصف الخامس</u>	<u>الصف الخامس</u>
<u>الصف السادس</u>	<u>الصف السادس</u>	<u>الصف السادس</u>
<u>الصف السابع</u>	<u>الصف السابع</u>	<u>الصف السابع</u>
<u>الصف الثامن</u>	<u>الصف الثامن</u>	<u>الصف الثامن</u>
<u>الصف التاسع عام</u>	<u>الصف التاسع عام</u>	<u>الصف التاسع عام</u>
<u>الصف التاسع متقدم</u>	<u>الصف التاسع متقدم</u>	<u>الصف التاسع متقدم</u>
<u>الصف العاشر عام</u>	<u>الصف العاشر عام</u>	<u>الصف العاشر عام</u>
<u>الصف العاشر متقدم</u>	<u>الصف العاشر متقدم</u>	<u>الصف العاشر متقدم</u>
<u>الحادي عشر عام</u>	<u>الحادي عشر عام</u>	<u>الحادي عشر عام</u>
<u>الحادي عشر متقدم</u>	<u>الحادي عشر متقدم</u>	<u>الحادي عشر متقدم</u>
<u>ثاني عشر عام</u>	<u>الثاني عشر عام</u>	<u>الثاني عشر عام</u>
<u>ثاني عشر متقدم</u>	<u>الثاني عشر متقدم</u>	<u>الثاني عشر متقدم</u>

المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

12

United Arab Emirates
Ministry of Education



الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

8

Magnetic Fields of Moving Charges

الفيزياء

مع أسامة النحوي

الثاني عشر - متقدم
الفصل الدراسي الثاني

الاسم :

إعداد الأستاذ
أسامة إبراهيم النحوي

0554543232



العام الدراسي 2018-2019

MR Osama Abnawi

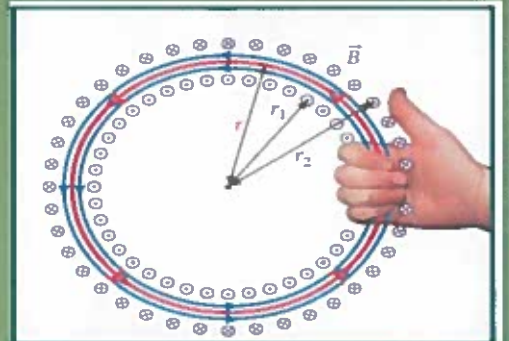
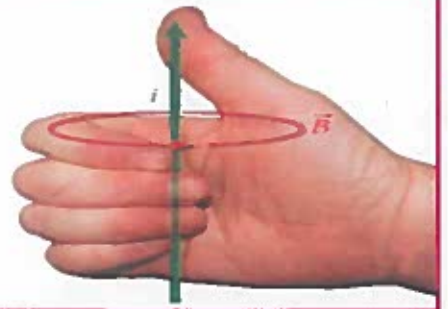
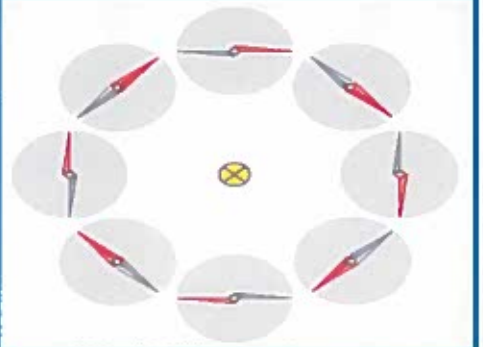
0554543232



8

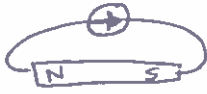
الوحدة الثامنة

I ♥
PHYSICS





8.1 قانون بيو سافار



1. تُشير إبرة البوصلة (اللون الأحمر) دائماً إلى إتجاه خطوط المجال المغناطيسي.
 2. عند مرور تيار كهربائي في سلك فإنه يتولد مجالاً مغناطيسياً (اورستد).
 3. عندما ينعكس إتجاه التيار ينعكس إتجاه المجال المغناطيسي.
- عند مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم يتولد مجال مغناطيسي على شكل دوائر متحدة المركز مركزها السلك المستقيم.
- ويتناسب المجال المغناطيسي حول السلك تناسباً طردياً مع شدة التيار المار فيه وعكسياً مع البعد عنه.

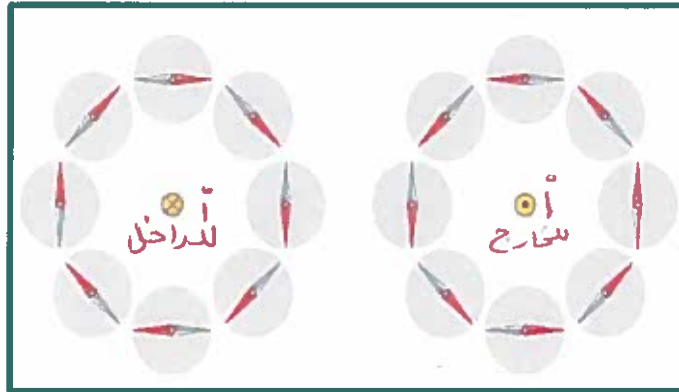
مراجعة المفاهيم 8.3

في الشكل 8.2، توضح إبرة البوصلة المجال المغناطيسي حول سلك حامل للتيار. في الشكل، يتطابق طرف إبرة البوصلة الذي يشير ناحية الشمال مع الطرف الأحمر.

(b) الطرف الرمادي.

(c) إما الطرف الأحمر أو الطرف الرمادي، بناءً على الطريقة التي تتحرك بها البوصلة تجاه السلك.

(d) لا يمكن تحديد الطرف من منطلق المعلومات المتخزنة في الشكل.

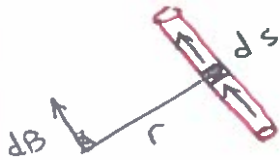
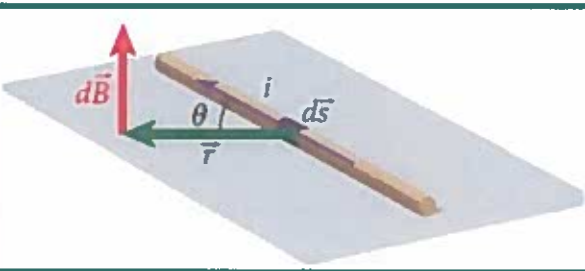


أ: التيار
ب: اتجاه
التيار

- ❖ توصل العالمان بيو- سافار للعلاقة بين التيار المار في سلك I و المجال المغناطيسي الناتج عنه عند أي نقطة تبعد عنه مسافة معينة في الفراغ.
- يعتمد على الوسط

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

حيث:



dB : متجه المجال المغناطيسي لعنصر صغير من السلك طوله ds

$i ds$: متجه طول تفاضلي يُشير إلى إتجاه تدفق التيار على طول الموصل

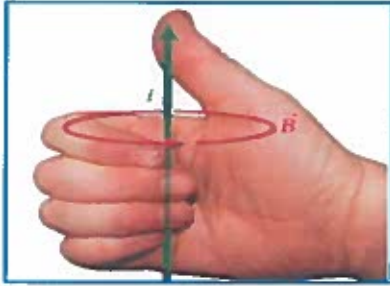
ملاحظة:

يجب أن يكون dB عمودي دائماً على كل من ds التي تشير إلى إتجاه التيار و متجه الوحدة \hat{r}



8.2 المجالات المغناطيسية الناتجة عن مرور التيار

❖ المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل ومستقيم .

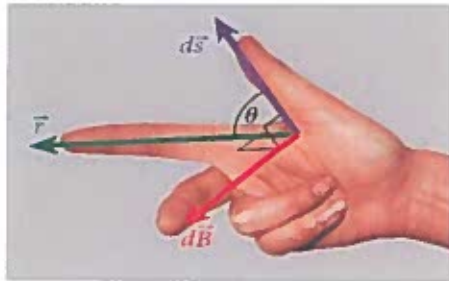


نستخدم لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي لموصل مستقيم
(قاعدة اليد اليمنى الثالثة) أو ما يسمى (قاعدة قبضة اليد اليمنى)
حيث يشير

الإبهام : اتجاه التيار (i) .

إحنا الأصابع : اتجاه خطوط المجال حول السلك .

(المماس عند أي نقطة يُحدد المجال المغناطيسي عند تلك النقطة)



❖ و يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة

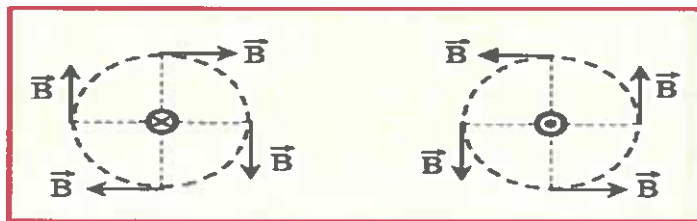
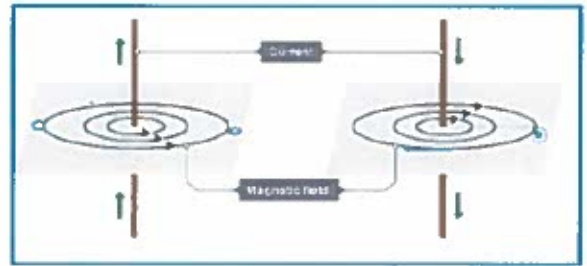
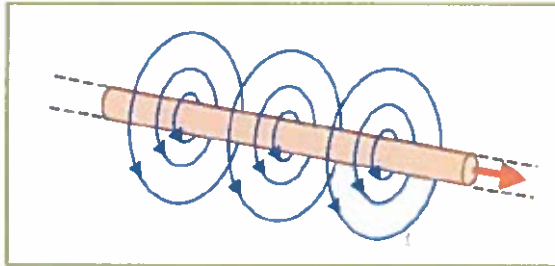
(باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى)

✓ • الإبهام يشير الى اتجاه عنصر التيار التفاضلي $d\vec{s}$

✓ • السبابة تشير الى اتجاه الموقع \vec{r} (النقطة المطلوبة)

✓ • الأوسط يشير الى اتجاه المجال المغناطيسي التفاضلي $d\vec{B}$

أمثلة على تحديد اتجاه المجال المغناطيسي في سلك مستقيم .



❖ ويمكن حساب مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد r_{\perp} عن السلك من العلاقة

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

$$\text{حيث } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \hat{\text{H}}$$





الفيزياء

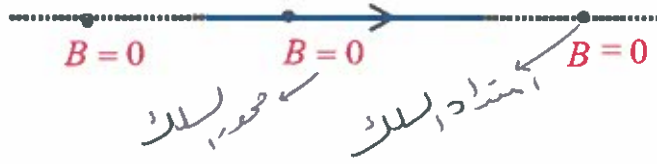
المجالات المغناطيسية
للتيار الكهربائي المستمر

الوحدة الثامنة

8

الفصل الدراسي الثاني
الثاني عشر - متقدم

ملاحظة مهمة جداً: المجال المغناطيسي على محور السلك أو امتداده يساوي دائماً صفر



تدريب:

يمر تيار كهربائي 3A في سلك لينتج مجال مغناطيسي مقداره 2T، فإن مقدار قطر هذا المجال هو:

a) 300 nm

b) 400 nm

c) 600 nm

d) 150 nm

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow 2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi r} \Rightarrow r = 3 \times 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \text{قطر} = \frac{2r}{2\pi} = 6 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

مراجعة المفاهيم 8.1

سلك يحمل تياراً I_{in} إلى داخل الصفحة كما يظهر في الشكل. ما الاتجاه الذي يشير إلى المجال المغناطيسي في النقطتين P و Q؟

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى في حث



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

(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 خارجاً 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 صفراً.

$$B_T = B_1 + B_2 \text{ (نفس الاتجاهات)}$$

حساب قاعدة اليد اليمنى في حث

يبين الشكل سلكاً مستقيماً يمر به تيار مستمر فيتولد حوله مجال مغناطيسي أجب عما يلي:

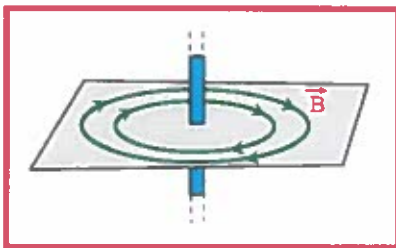
1- حدد على الرسم اتجاه التيار المار في السلك. محور الأسفل

2- إذا زادت شدة التيار المار في السلك فماذا يحدث للبعد بين خطوط

المجال المغناطيسي المتولد؟ فسراجابتك. تقل المسافة بينهم

بزيادة التيار (I) تزداد شدة المجال (B)

فتكاثف (تقارب) خطوط المجال.



MCR Osama Abnahari



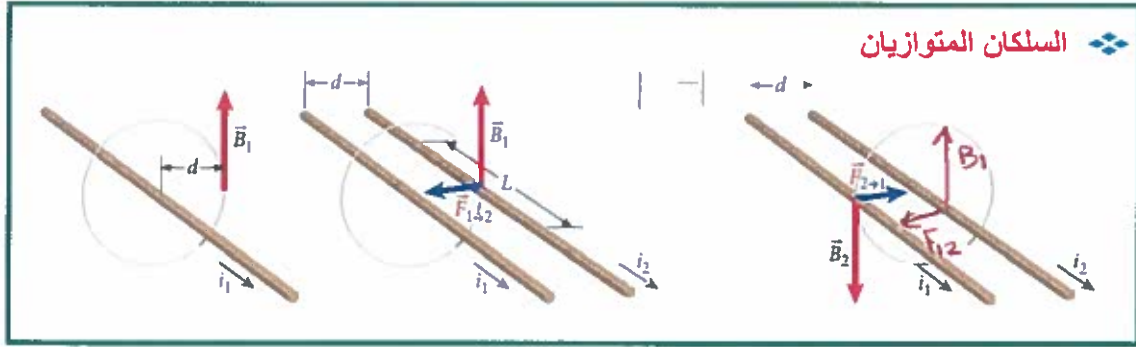


الفيزياء

المجالات المغناطيسية
للتيار الكهربائي المستمر

الوحدة الثامنة

8

الفصل الدراسي الثاني
الثاني عشر - متقدم

السلكان المتوازيان

لنفترض أن السلك (1) يحمل التيار i_1 باتجاه اليمين فيكون اتجاه المجال المغناطيسي B_1 (باستخدام قاعدة اليد اليمنى الثالثة) نحو الأعلى ويكون مقدار المجال المغناطيسي عند المسافة العمودية d هو

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi d}$$

لنفترض الآن أن السلك (2) يحمل التيار i_2 بنفس اتجاه i_1 وموازي للسلك (1) على مسافة d منه. يتم تحديد اتجاه القوة بحسب القاعدة الأولى لليد اليمنى وبحسب مقدار القوة المبذولة على طول L من السلك (2) بالعلاقة

$$F = iLB \sin \theta = i_2 L B_1,$$

$$F_{1 \rightarrow 2} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}$$

$$F_{1 \rightarrow 2} = i_2 L \left(\frac{\mu_0 i_1}{2\pi d} \right) = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}$$

بالتعويض عن قيمة B_1 بالمعادلة السابقة ينتج

$$F_{21} = i_1 L B_2 *$$

$$F_{12} = i_2 L B_1 *$$

ويعمل نفس الخطوات على السلك الثاني نستنتج أن القوة المتبادلة بين السلكين تخضع للقانون الثالث لنيوتن

$$F_{12} = -F_{21} \quad \text{دائماً} \quad F_{21} = -F_{12}$$

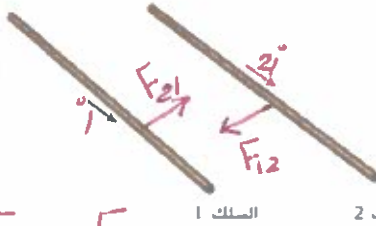
إذا كانت التيارات بنفس الاتجاه تكون القوة بينهما قوة تجاذب

وإذا كانت التيارات متعاكسة الإتجاه تكون القوة بينهما قوة تنافر .

ملاحظة مهمة:

مراجعة المفاهيم 8.4

سلكان متوازيان فريان 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) 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 قوة على السلك 2 أكبر مما يبذلها السلك 2 على السلك 1.

(e) يبذل السلك 2 قوة على السلك 1 أكبر مما يبذلها السلك 1 على السلك 2.

$F_{12} = -F_{21}$
دائماً
سهما اختلفت قوة التيار

سؤال الاختبار الذاتي 8.2

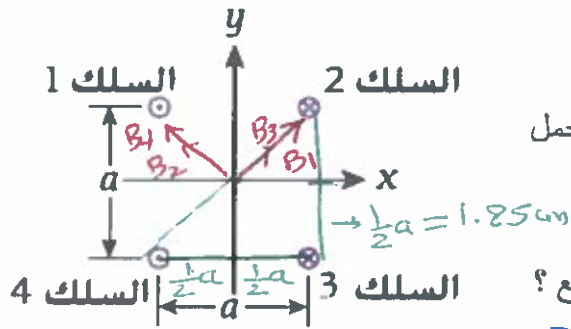
تخيل سلكين متوازيين يحملان تيارين متساويين في الاتجاه نفسه. هل القوة بين السلكين عبارة عن قوة جذب أو قوة تنافر؟ والآن، تخيل سلكين متوازيين يحملان تياراً في اتجاهين مختلفين. ما القوة بين السلكين؟ قوة تنافر





المجال المغناطيسي الناتج عن أربعة أسلاك

أربعة أسلاك يحمل كل منها تياراً مقداره $i=1.00A$. وتوجد الأسلاك في الزوايا الأربع لمربع طول ضلعه $a=3.7cm$ ويحمل سلكان منهما التيار الى داخل الصفحة بينما يحمل الاثنان الآخران التيار خارج الصفحة .



ما مركبة المجال المغناطيسي العمودية (By) في مركز المربع؟

$$B_x = 0 \quad (\text{محله بالمحاور على محور } x \text{ صفر})$$

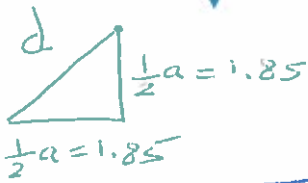
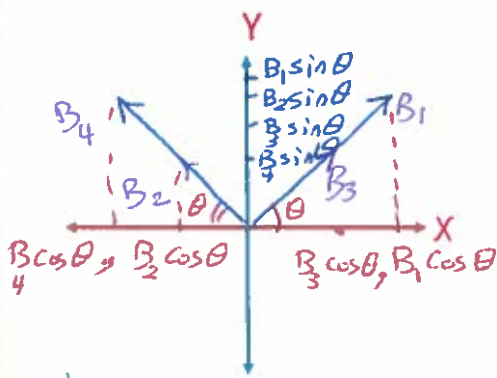
$$B_y = 4 B_y$$

$$= 4 B \sin \theta$$

$$= 4 \frac{\mu_0 i}{2\pi d} \sin \theta \quad \text{المقابل الوتر}$$

$$4 \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (1)}{2\pi (2.6 \times 10^{-2})} \times \frac{1.85 \times 10^{-2}}{2.6 \times 10^{-2}}$$

$$= 2.2 \times 10^{-5} T.$$



$$d = \sqrt{(1.85)^2 + (1.85)^2} = 2.6 \times 10^{-2} m$$

سلكان طويلان متوازيان منفصلان عن بعضهما بمسافة $(10cm)$ يحمل الأول تياراً مقداره $1A$ والثاني $2A$ إن القوة المغناطيسية الناتجة عنها في وحدة الطول هي

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 2}{2\pi (10 \times 10^{-2})} = 4 \times 10^{-6} N/m$$

a) $2\mu N/m$ b) $4\mu N/m$ c) $8\mu N/m$ d) $10\mu N/m$

بفرض أن سلكين لهما نفس الطول وينتجان نفس القوة المغناطيسية ، الأول يحمل تياراً $20A$ والثاني $100A$ فإن النسبة $\frac{B_2}{B_1}$ هي :

$$F_{12} = F_{21} \quad a) 6 \quad b) 2 \quad c) 5 \quad d) 50$$

$$i_2 L B_1 = i_1 L B_2$$

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{100}{20} = 5$$

موصلان طويلان متوازيان تفصلهما مسافة $4mm$ يحمل كل منهما تياراً $50A$ في اتجاهين متضادين . فإن مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة في منتصف المسافة بينهما يساوي :

$$B_T = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_1} + \frac{\mu_0 i}{2\pi r_2}$$

a) $0mT$ b) $10mT$ c) $20mT$ d) $40mT$

$$= 2 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi (2 \times 10^{-3})} = 0.01m = 10mT$$



الفيزياء

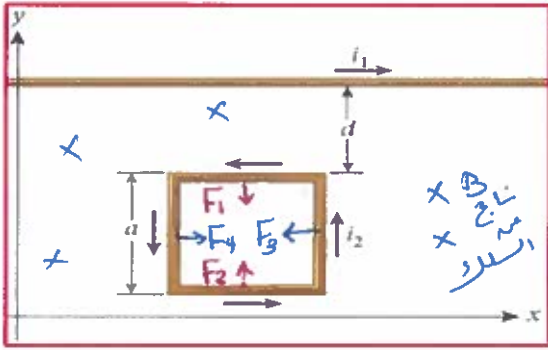
$$B_T = 0$$

نقطة انعدام المجال المغناطيسي لتيارين متوازيين

هي النقطة التي تكون عندها محصلة المجال المغناطيسي صفر . (أي $B_1 = B_2$)

- إذا كان التياران بنفس الاتجاه تكون نقطة الانعدام بين السلكين وأقرب للتيار الأصغر .
- إذا كان التياران متعاكسان في الاتجاه تكون نقطة الانعدام خارج السلكين وأقرب للتيار الأصغر .
- إذا كان التياران متساويين مقداراً وب نفس الاتجاه تكون نقطة الانعدام في منتصف البعد بين السلكين .
- إذا كان التياران متساويين مقداراً ومتعاكسان اتجاهها لا يوجد نقطة انعدام مجال .

القوة المغناطيسية المبذولة على حلقة يمر بها تيار



يحمل سلك طويل مستقيم تياراً مقداره ($i_1 = 5.0A$) باتجاه اليمين وتوضع حلقة مربعة يبلغ طول ضلعها ($a = 0.25m$) بحيث تكون أضلاعها كما في الشكل والمسافة ($d = 0.10m$) من السلك وتحمل الحلقة المربعة تياراً مقداره ($i_2 = 2.20A$) بعكس اتجاه عقارب الساعة .

ما محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الحلقة المربعة ؟

$$F_1 = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 2.2 \times 0.25}{2\pi \times 0.10} = 5.5 \times 10^{-6} \text{ N} \text{ (إلى الأسفل)}$$

$$F_2 = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi(d+a)} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 2.2 \times 0.25}{2\pi(0.10+0.25)} = 1.57 \times 10^{-6} \text{ N} \text{ (إلى الأعلى)}$$

$$F_3 = F_4 = 1LB \Rightarrow F_{net} = 0 \text{ (3-4)}$$

$$F_{net} = (5.5 - 1.57) \times 10^{-6} = 3.93 \times 10^{-6} \text{ N} \text{ (إلى الأسفل)}$$

هو التيار الثابت الذي إذا مر في موصلين متوازيين مستقيمين بطول لا نهائي ويبعدان عن بعضهما ($1m$) في الفراغ سيؤثر كل منهما في وحدة الطول ($1m$) من الآخر بقوة مقدارها $2 \times 10^{-7} N$.

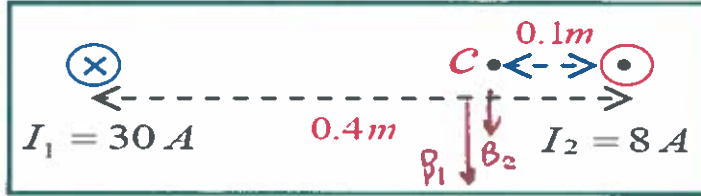
يمكن التأكد من ذلك بإيجاد قيمة الثابت μ_0 من المعادلة $F_{1-2} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}$ ومقارنته بالقيمة الحقيقية له .

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 1 \times 1}{2\pi \times 1} = 2 \times 10^{-7} \text{ N}$$



سلكان مستقيمان طويلان عموديان على الصفحة كما في الشكل احسب شدة المجال المغناطيسي عند النقطة (c)

تيم تحديد اتجاه المجال
لكل سلك حسب قاعدة
اليد اليمنى
والأصابع (i)
الهامس عند النقطة (B)



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.3} = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \quad (I_1 = 0.4 - 0.1) = 0.3$$

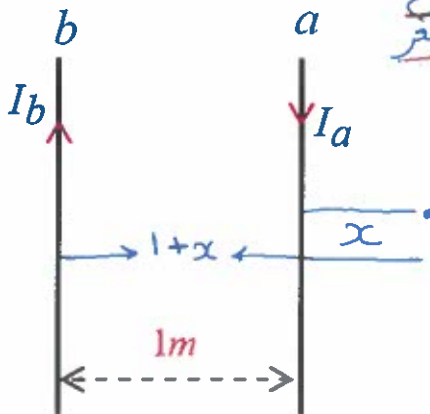
$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2\pi \times 0.1} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_T = B_1 + B_2 = (2 + 1.6) \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

سلكان مستقيمان متوازيان تفصل بينهما في الفراغ مسافة (1m) ويحملان تيارين متعاكسين فإذا كان

فاوجد بعد النقطة التي تكون عندها محصلة المجال المغناطيسي تساوي صفرا عن السلك (a) $(I_a = \frac{1}{3} I_b)$

التيار ا ب متعاكس تكون نقطة الارتفاع خارج السلكين وأقرب الى التيار الأصغر



$$B_a = B_b$$

$$\frac{\mu_0 I_a}{2\pi r_a} = \frac{\mu_0 I_b}{2\pi r_b}$$

ننتقل
 $r_a = \frac{r_b}{3}$

$$\frac{I_a}{3x} = \frac{I_b}{(1+x)}$$

$$3x = 1+x \Rightarrow x = \frac{1}{2} \text{ m}$$

عن السلك a



(1) إذا مر في السلك والملف تياران لهما نفس المقدار وبالاتجاه المبين في الشكل المجاور فأين يكون اتجاه محصلة المجال عند مركز الملف :

(ب) يساوي صفر .

(أ) يكون في اتجاه عمودي على الصفحة نحو الخارج

(د) لا يمكن تحديده .

(ج) يكون في اتجاه عمودي على الصفحة نحو الداخل

السلك نحو الخارج وهو أقلنا

نرمط اذا $2R < 2\pi r$ لذلك B محصلة نحو الداخل

(2) إذا مر تياران (2A) و (4A) في سلكين طويلين ومتوازيين في مستوى الورقة كما في الشكل فإن محصلة المجال

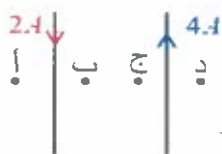
المغناطيسي الناتج عنهما يمكن أن تتعدم عند :

(ب) النقطتين (أ ، د)

(أ) النقطتين (ب ، ج)

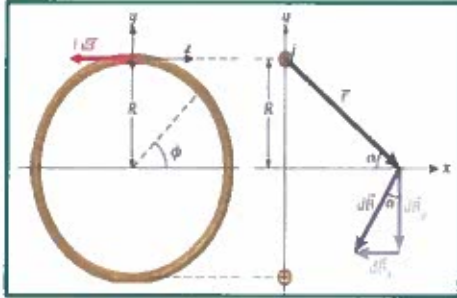
(د) النقطة (أ) فقط

(ج) النقطة (ب) فقط



النقطة خارج السلكين وأقرب الى التيار الأصغر

المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في حلقة سلك



يمكن إيجاد المجال المغناطيسي على طول محور حلقة دائرية حاملة للتيار من خلال العلاقة التالية

حالة
العامة

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

عند التعويض بـ
x=0
محصل على

يمكن إيجاد المجال المغناطيسي في مركز حلقة سلك دائرية حاملة للتيار من خلال العلاقة التالية

سؤال الاختبار الذاتي 8.3

أثبت أن المعادلة 8.9 لإيجاد مقدار المجال المغناطيسي على طول محور حلقة حاملة للتيار تختزل إلى المعادلة 8.8 لإيجاد مقدار المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة الحاملة للتيار.

عند المركز

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



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

عند المركز

تتكون حلقة يبلغ نصف قطرها r = 8.30mm في منتصف سلك طويل ومستقيم

معزول يحمل تياراً مقداره i = 26.5mA

ما مقدار المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة ؟

$$B_{\text{سلك}} = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 26.5 \times 10^{-3}}{2\pi (8.3 \times 10^{-3})}$$

$$= 6.4 \times 10^{-7} \text{ T} \text{ نحو خارج الصفحة}$$

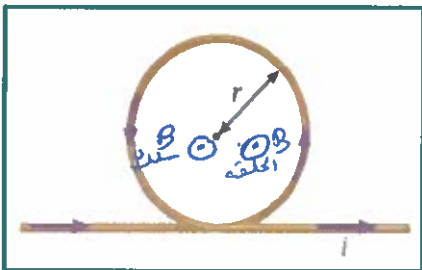
$$B_{\text{حلقة}} = \frac{\mu_0 i^2}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 26.5 \times 10^{-3}}{2 \times 8.3 \times 10^{-3}}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ T} \text{ نحو خارج الصفحة}$$

$$B_T = B_{\text{سلك}} + B_{\text{حلقة}}$$

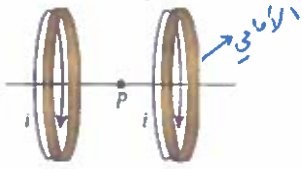
$$= (6.4 \times 10^{-7}) + (2 \times 10^{-6})$$

$$= 2.65 \times 10^{-6} \text{ T} \text{ نحو خارج الصفحة}$$



مراجعة المفاهيم 8.6

خُمل حلقتان متماثلتان من السلك النيار 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

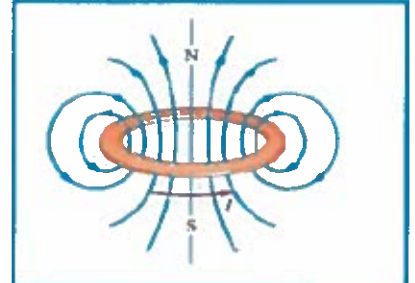
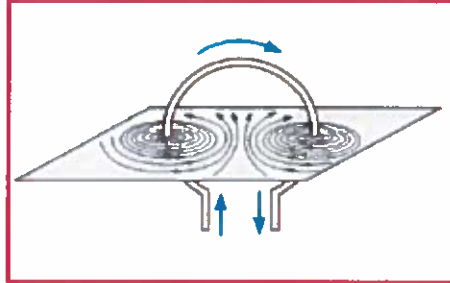
(e) المجال المغناطيسي عند النقطة P يساوي صفراً.



تحديد الاتجاه: قبضة اليد اليمنى (نلف الأصابع مع التيار (i) فيكون الإبهام باتجاه (B) والقطب الشمالي)

ملاحظة:

وجه الملف الذي يخرج منه
التيار يكون قطباً شمالياً.



شكل المجال: منتظم بالقرب من المركز وغير منتظم بعيداً عن المركز.

❖ سلك مستقيم طويل يحمل تياراً شدته (50 A) تم لف جزء منه على شكل نصف حلقة كما في الشكل احسب المجال المغناطيسي عند المركز (c) علماً أن القطر (0.2m)؟

$r = 0.1m$
 $B = 0$ سلك
 $B = \frac{\mu_0 i N}{2R}$ حلقة
 N عبارة عن نصف حلقة
 لذلك نعوّض بـ 0.5
 $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 0.5}{2 \times 0.1} = 1.57 \times 10^{-7} T$ $\otimes B$

❖ معتمداً على البيانات الواردة في الشكل احسب المجال المغناطيسي عند المركز (c).

انضاف حلقات
 $N = \frac{1}{2}$
 $I = 7A$ حلقة صغرى
 $B = \frac{\mu_0 i N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7 \times \frac{1}{2}}{2 \times 0.2} = 1.1 \times 10^{-5} T$ $\otimes B$
 حلقة كبرى
 $B = \frac{\mu_0 i N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7 \times \frac{1}{2}}{2 \times 0.3} = 7.3 \times 10^{-6} T$ $\otimes B$
 $B_T = (1.1 \times 10^{-5} - 7.3 \times 10^{-6}) = 3.7 \times 10^{-6} T$
 باتجاه المجال الأكبر
 \otimes نحو الداخل

❖ سلك مستقيم وطويل يحمل تيار شدته (60 A) تم لف جزء من السلك على شكل حلقة دائرية

واحدة نصف قطرها (0.1m) كما في الشكل، احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة.

حلقة كالنقطة
 $B = \frac{\mu_0 i N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 60 \times 1}{2 \times 0.1} = 3.8 \times 10^{-4} T$ $\otimes B$
 $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 60}{2\pi \times 0.1} = 1.2 \times 10^{-4} T$ $\otimes B$

باتجاه الأكبر
 $B_T = (3.8 - 1.2) \times 10^{-4} = 2.6 \times 10^{-4} T$ \otimes مرجع للأهم متعاكس



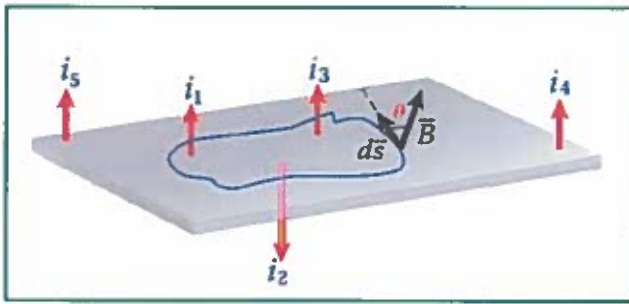
8.3 قانون أمبير

يستخدم قانون أمبير لحساب المجال المغناطيسي الناتج عن توزيع عناصر التيار عندما يكون للتوزيع تماثل أسطواني أو غير ذلك من أنواع التماثل. وهو مشابه لقانون جاوس.

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

حيث i_{enc} تمثل التيار المار في السلك ضمن الحلقة الأمبيرية فقط ولا يمثل التيار الكلي فيه.

مثال: تحصر الحلقة الأمبيرية الموضحة بالشكل التيارات (i_1, i_2, i_3) ونستبعد



التيارات الأخرى لعدم وجودها ضمن الحلقة الأمبيرية وبذلك يصبح قانون أمبير كالتالي

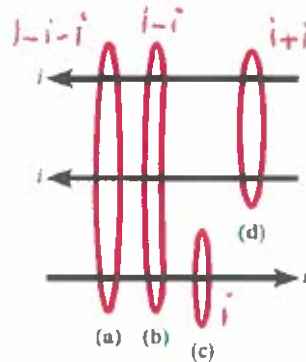
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B \cos \theta ds = \mu_0 (i_1 - i_2 + i_3),$$

حيث θ الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي \vec{B}

واتجاه عنصر الطول $d\vec{s}$ عند كل نقطة على طول الحلقة الأمبيرية.

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

- a الحلقة (a)
b الحلقة (b)
c الحلقة (c)
d الحلقة (d)



مراجعة المفاهيم 8.7

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

$$\mu_0 i_{enc}$$

(8.34) يبلغ طول ضلع أمبير مربع 3.0 cm وبإمكان أضلاع قياس المجال المغناطيسي المعرضة له. وعندما يثبت

الأمبير حول سلك يحمل تياراً مستمراً كما يظهر في الشكل. تكون القيمة المتوسطة للمجال المغناطيسي

المقيس على الأضلاع 3.0 G . ما مقدار التيار في السلك؟ $\times 10^4 \text{ T}$

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

$$(3 \times 10^{-4})(0.12) = 4\pi \times 10^{-7} i_{enc}$$

$$i_{enc} = \frac{3 \times 10^{-4} \times 0.12}{4\pi \times 10^{-7}} = 28.65 \text{ A}$$



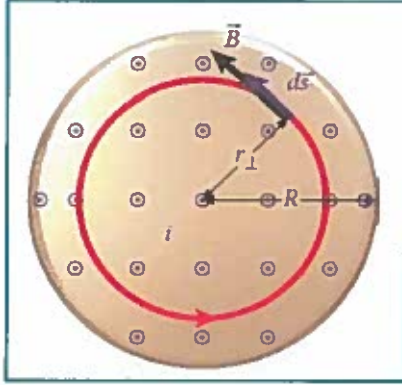
المحيط هو 4×0.03 عمده
الأسلاك 0.12 m

MR Osama Abnahaari





المجال المغناطيسي داخل سلك طويل مستقيم



❖ في الشكل المقابل مقطع عرضي من سلك نصف قطره R يسري به تيار (i) موزع بانتظام على مساحة المقطع العرضي له .

لإيجاد المجال المغناطيسي الناتج عن هذا التيار عند أي نقطة نرسم حلقة أمبيرية عند النقطة المطلوبة نصف قطرها r_{\perp}

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \oint d\vec{s} = B(2\pi r_{\perp}) = \mu_0 i_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r_{\perp}} i_{enc}$$

❖ يمكن حساب التيار داخل الحلقة الأمبيرية من العلاقة $i_{enc} = i \frac{A_{loop}}{A_{wire}} = i \frac{\pi r_{\perp}^2}{\pi R^2}$

وإدمج المعادلتين السابقتين نتوصل إلى قانون المجال المغناطيسي داخل سلك طويل

$$B = \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi R^2} \right) r_{\perp}$$

❖ أما على سطح السلك تماماً فتكون $R = r_{\perp}$ ويصبح القانون $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$

وبالنسبة لنقطة خارج السلك $r_{\perp} > R$ يصبح القانون $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_{\perp}}$

8.11 افترض أنه يمكنك تمثيل صاعقة برق على هيئة تيار في خط مستقيم طويل. إذا

مرت شحنة مقدارها $15.0c$ بنقطة في زمن $1.50 \times 10^{-3}s$ فما مقدار المجال المغناطيسي

على مسافة $26.0m$ من صاعقة البرق؟ $i = \frac{q}{t} = \frac{15}{1.50 \times 10^{-3}} = 10000 A$

خارج السلك

(لا، لصاعقه في)
تعتبر كتيار كهربائي

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

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10000}{2\pi \times 26} = 7.69 \times 10^{-5} T$$



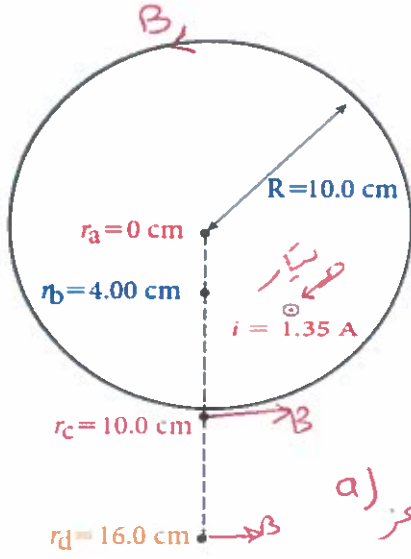


الفيزياء

المجالات المغناطيسية
للتيار الكهربائي المستمر

8

الوحدة الثامنة



8.47) يعرض الشكل مقطعاً عرضياً عبر قطر دائرة موصل أسطواني طويل مُصمت يبلغ نصف قطر الأسطوانة $R=10.0\text{cm}$ 0.1m يُوزع تيار مقداره 1.35A بانتظام على الموصل ويتدفق خارجاً من الصفحة. أوجد اتجاه ومقدار المجال المغناطيسي في المواقع التالية

a) $r_a=0.0\text{cm}$

b) $r_b=4.00\text{cm}$

c) $r_c=10.0\text{cm}$

d) $r_d=16.0\text{cm}$

a) $B_{\text{المركز}} = 0$

b) $B_{\text{داخل}} = \frac{\mu_0 i r_b}{2\pi R^2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35 \times 0.04}{2\pi (0.1)^2}$

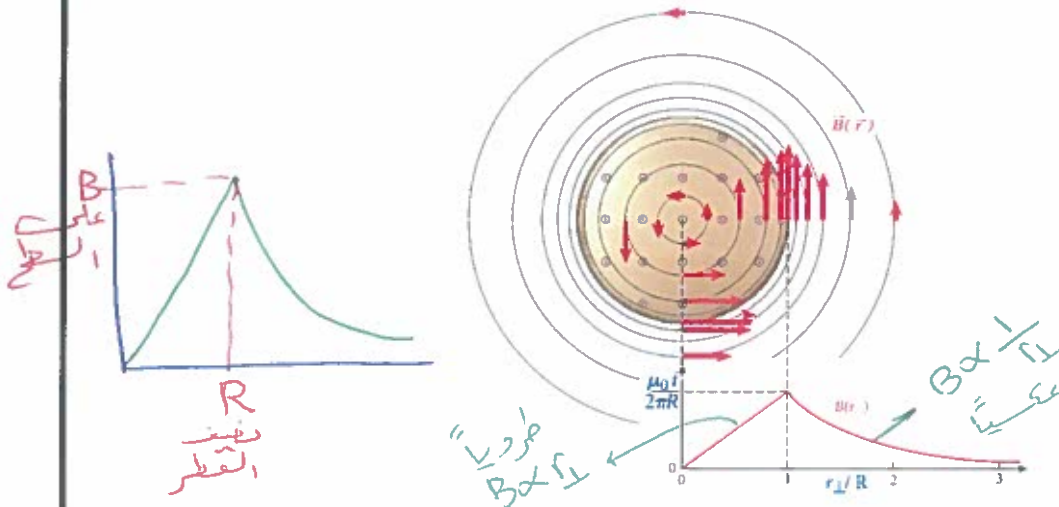
$$= 1.08 \times 10^{-6} \text{ T} \quad \text{حوالي يسار}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi (0.1)} = 2.7 \times 10^{-6} \text{ T} \quad \text{حوالي يسار}$$

c) $B_{\text{على}} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$

d) $B_{\text{خارج}} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi \times 0.16}$

$$= 1.69 \times 10^{-6} \text{ T} \quad \text{حوالي يسار}$$



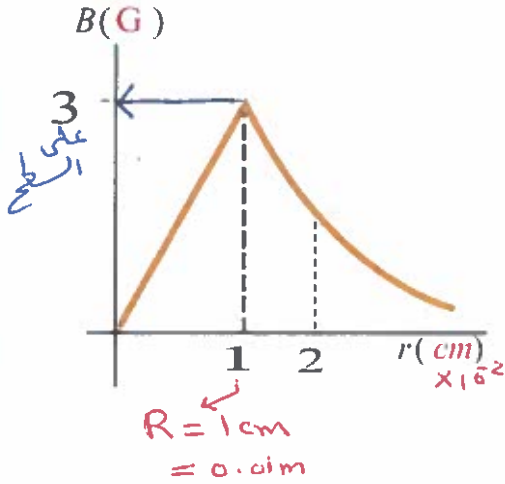
تغيرات المجال المغناطيسي بتغير البعد من مركز سلك يتدفق فيه تيار خارج الصفحة





يمثل الرسم البياني التالي تغيرات المجال المغناطيسي بتغير البعد عن مركز سلك

مستقيم . بعد دراستك للشكل بتمعن . أجب عما يلي :



1. حدد شدة المجال المغناطيسي على سطح الموصل

$$B = 3 \text{ G} = 3 \times 10^{-4} \text{ T}$$

2. ما مقدار شدة التيار المار في السلك .

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

$$3 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times i}{2\pi (0.01)} \Rightarrow i = 15 \text{ A}$$

3. ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على بعد (0.5cm) عن المركز (داخل السلك)

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15 \times 0.5 \times 10^{-2}}{2\pi (0.01)} = 1.5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

4. ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة تقع على بعد (2.0cm) عن المركز (خارج السلك)

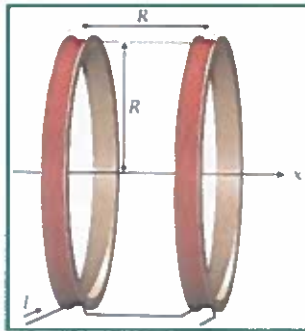
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{2\pi \times (2 \times 10^{-2})} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ T}$$

5. حدد العلاقة بين (B - r) داخل السلك وخارجه .

داخل السلك العلاقة طردية وخارج السلك العلاقة عكسية
 $B \propto r$ $B \propto \frac{1}{r}$

8.4 المجالات المغناطيسية الخاصة بالملفات اللولبية والحلقية

ملف هلمهولتز:



• يتكون من حلقتين محاوريتين من السلك بحيث كل حلقة

تتكون من حلقات متعددة او لفات من سلك واحد .

• ينشأ عنه مجالات مغناطيسية منتظمة داخل الملف بين

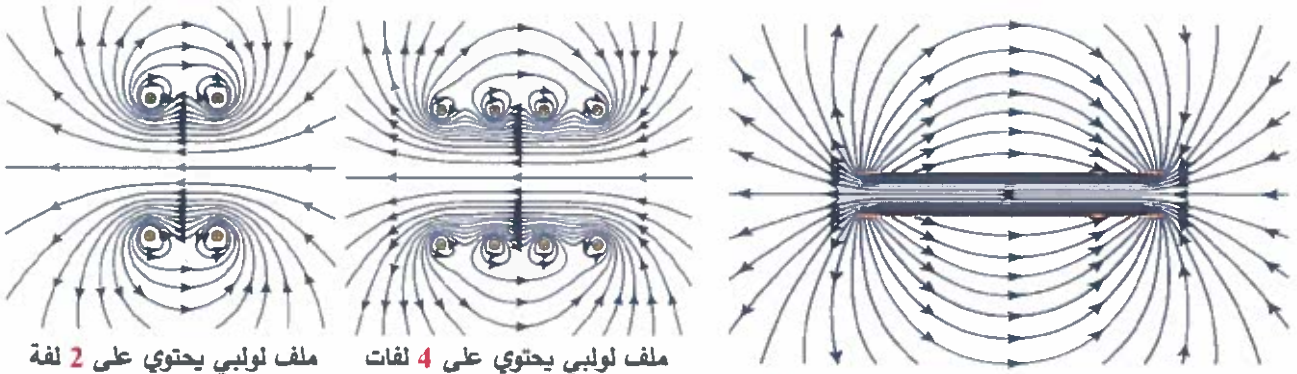
الحلقات ومجال غير منتظم خارج الملف .





الملف اللولبي (الحلزوني)

يتكون من عدة لفات ويكون المجال الناتج عنه مشابهاً للمجال الناتج عن مغناطيس مستقيم



ملف لولبي يحتوي على 2 لفة

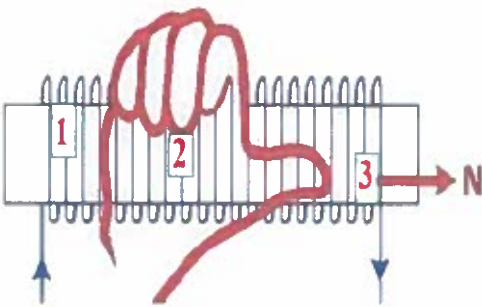
ملف لولبي يحتوي على 4 لفات

المجال المغناطيسي لملف لولبي يحتوي على عدد كبير من اللفات

تحديد الإتجاه : باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى

(i) انحناء الأصابع .

(B) الإبهام ويشير أيضا الى القطب الشمالي للمغناطيس الناتج .

المجال المغناطيسي داخل الملف مجال منتظم بمعنى $B_1 = B_2 = B_3$ وهو مجال قوي يحسب من العلاقة $B = \mu_0 ni$ حيث (n) عدد اللفات في وحدة الأطوال وتساوي $n = \frac{N}{L}$

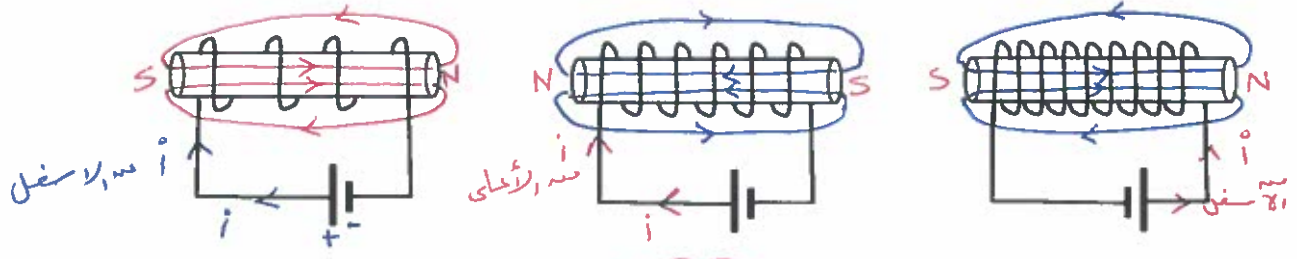
لذلك يصبح القانون العام بالشكل التالي

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

المجال المغناطيسي خارج الملف غير منتظم وهو ضعيف جدا وتقترب قيمته من صفر



أرسم المجال المغناطيسي (داخل - خارج) للملفات اللولبية التالية.



- يمكن زيادة شدة المجال للملف اللولبي عن طريق:
 - زيادة شدة التيار
 - زيادة عدد اللفات في وحدة الأطوال
 - وضع ساق حديد داخل الملف

الملف الحلقي (المغناطيس الحلقي).

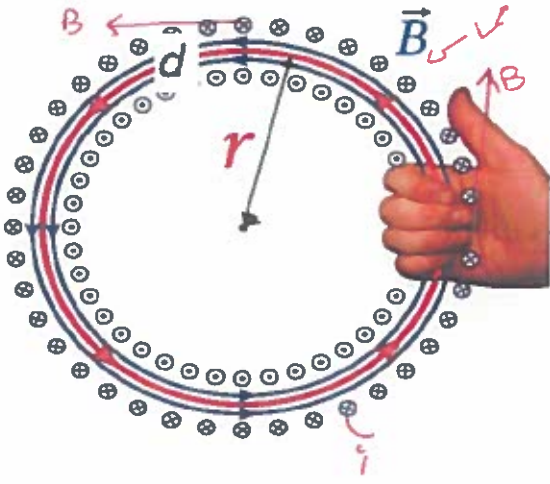


هو ملف لولبي تُني بحيث يلتقي طرفاه معاً (على شكل دائرة).

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r}$$

ويُعطي المجال المغناطيسي داخله بالعلاقة

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي للملف الحلقي نستخدم قاعدة اليد اليمنى الرابعة.



الموضحة بالشكل المقابل.

يمكن إيجاد عدد اللفات للملف الحلقي N من خلال قسمة طول السلك L على محيط مساحة المقطع العرضي

$$N = \frac{L}{2\pi r} \quad \text{أو} \quad N = \frac{L}{\pi d^2}$$

(8.50) يتدفق تيار مقدار 2.00A خلال ملف لولبي يحتوي 1000 لفة ويبلغ طوله L=40cm. ما مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي؟

$$B = \mu_0 \frac{Ni}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 1000}{40 \times 10^{-2}} = 6.28 \times 10^{-3} \text{ T} = 6.28 \text{ mT}$$



الفيزياء

المجالات المغناطيسية
للتيار الكهربائي المستمر

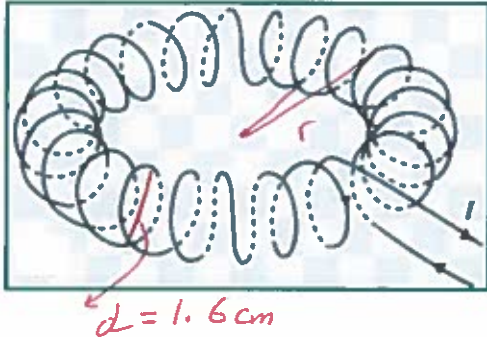
الوحدة الثامنة

8

الفصل الدراسي الثاني

الثاني عشر - متقدم

❖ مغناطيس حلقي مصنوع من سلك نحاس طوله 202m له القدرة على حمل تيار



مقداره $i = 2.40\text{A}$ ويبلغ متوسط قطر المغناطيس الحلقي

له $R = 15.0\text{cm}$ ويبلغ قطر مقطعه العرضي $d = 1.60\text{cm}$

ما أكبر مجال مغناطيسي عند مركز مغناطيس حلقي نصف قطره R

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

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4018.7 \times 2.4}{2\pi \times 15 \times 10^{-2}}$$

$$= 1.29 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$N = \frac{L}{\pi d}$$

$$= \frac{202}{\pi \times 1.6 \times 10^{-2}} = 4018.7 \text{ لف}$$

❖ ملفان محوريان متماثلان مصنوعان من سلك يبلغ نصف قطره 20.0cm وموضوعان

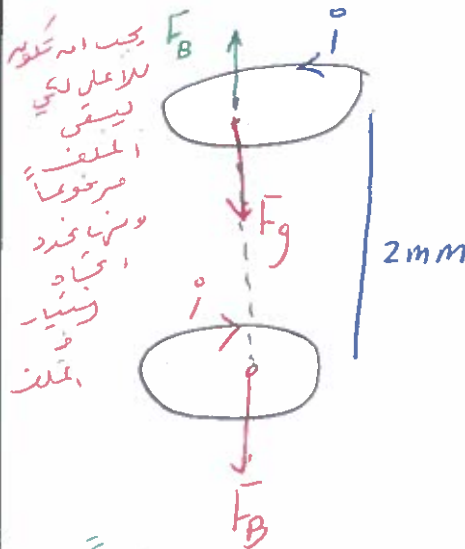
فوق بعضهما مباشرة. ويبعدان بمسافة 2.0mm يوجد الملف السفلي على منضدة مسطحة

ويمر به تيار (i) في اتجاه عقارب الساعة، بينما يحمل الملف العلوي تياراً مماثلاً، وتبلغ

كتلته 0.050kg .

1. حدد اتجاه التيار في الملف العلوي للحفاظ عليه مرفوعاً على مسافة 2.0mm عن الملف السفلي.

2. احسب مقدار التيار في كلا الملفين.



$$F_B = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}$$

$$mg = \frac{\mu_0 i^2 L}{2\pi d}$$

$$0.05 \times 9.81 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times i^2 \times 1.25}{2\pi \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$\begin{aligned} L &= 2\pi R \\ &= 2\pi \times 20 \times 10^{-2} \\ &= 1.25\text{m} \end{aligned}$$

$$i = 62.64 \text{ A}$$

نلاحظ من الشكل انه الملف العلوي

تأثر بقوة F_B لأعلى والملف السفلي

تأثر بقوة F_B للأسفل على أيها قوى تتأخر

ما يعني ان التياران متعاكسين

MAR Osama Alnakhari





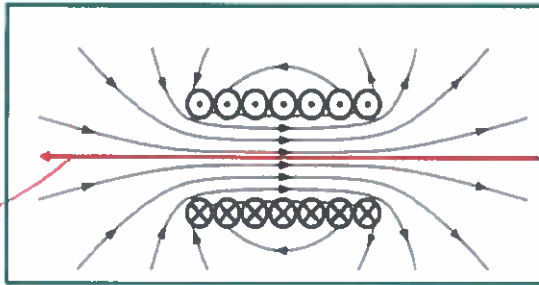
سلك مستقيم طويل	حلقة سلك	ملف لولبي (حلزوني)	ملف حلقي	داخل سلك طويل مستقيم
$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_\perp}$	$B = \mu_0 \frac{iN}{2r}$ عدة حلقات	$B = \mu_0 ni$	$B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r}$	$B = \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi R^2}\right) r_\perp$
على طول محور حلقة دائرية	على طول محور حلقة دائرية	على طول المحور اللولبي	بدلالة عدد اللفات و نصف قطر الملف	داخل سلك طويل
$B_r = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$	$B = \mu_0 \frac{Ni}{L}$	$B = \frac{\mu_0 Li}{2\pi^2 rd}$	$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$	على سطح السلك
				خارج السلك

رُبط ملف لولبي طويل نصف قطره 6.00cm بسلك رفيع مكون من 1000 لفة/متر ويمر خلاله

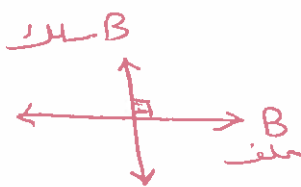
تيار مقداره 0.250A. وأدخل سلك يحمل تياراً مقداره

10.0A على طول محور الملف اللولبي. ما مقدار المجال

المغناطيسي عند نقطة على بُعد 1.00cm من المحور؟



سلك يحمل تيار (10A)



تتأثر النقطة بمجالين متعامدين
أحدهما ناتج عن سلك (أخر خارج) (أخر داخل)
والآخر من الملف اللولبي (يميناً أو يساراً)

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 1 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B = \mu_0 i n = 4\pi \times 10^{-7} \times 0.25 \times 1000 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B_T = \sqrt{(2 \times 10^{-4})^2 + (3.14 \times 10^{-4})^2} = 3.72 \times 10^{-4} \text{ T}$$





الفيزياء

المجالات المغناطيسية
للتيار الكهربائي المستمر

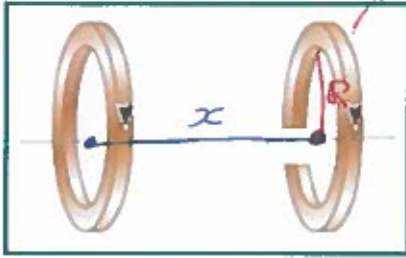
الوحدة الثامنة

8

الفصل الدراسي الثاني
الثاني عشر - متقدم

ملف (2)

ملف دائري (1)



ملفان دائريان مسطحان نصف قطر كل منهما 50.0cm يحتوي كل منهما على 30 لفة وضعا على نفس المحور بحيث يكونان متوازيين وبينهما مسافة 1.5m أوجد المجال المغناطيسي عند مركز أي من الملفين عند المحور المشترك اذا مر خلالهما تيار 40A وفي نفس الاتجاه.

$$B_1 = \frac{\mu_0 I N}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40 \times 30}{2 \times 50 \times 10^{-2}} = 1.51 \times 10^{-3} \text{ T}$$

بالاتجاه اليمين (أ)

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

على مسافة تبعد x عن مركز الملف الأول.

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 40 \times (50 \times 10^{-2})^2}{((1.5)^2 + (50 \times 10^{-2})^2)^{3/2}} = 9.54 \times 10^{-5} \text{ T}$$

بالاتجاه اليمين

$$B_T = B_1 + B_2$$

جمع لأنهما بنفس الاتجاه

$$= 1.51 \times 10^{-3} + 9.54 \times 10^{-5} = 1.61 \times 10^{-3} \text{ T}$$

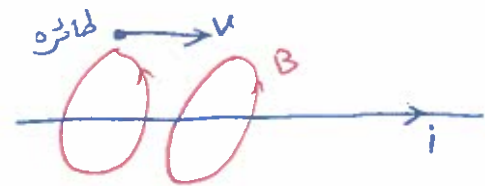
بالاتجاه اليمين

تطير طائرة لعبة كتلتها 0.175kg وشحنتها 36mC بسرعة 2.8m/s على إرتفاع 17.2cm فوق سلك يمر به تياراً مقداره 25A وبشكل موازي له. فتتعرض الطائرة لبعض العجلة. حدد هذه العجلة؟

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_B}{m} = \frac{q v B}{m}$$

$$= \frac{36 \times 10^{-3} \times 2.8 \times 2.91 \times 10^{-5}}{0.175}$$

$$= 1.67 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$$



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

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 25}{2\pi \times 17.2 \times 10^{-2}}$$

$$= 2.91 \times 10^{-5} \text{ T}$$



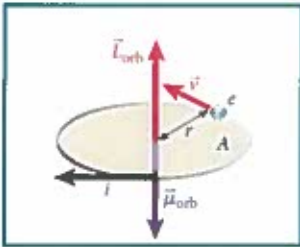


8.5 الذرات كمغناطيسات

تحتوي الذرات التي تتكون منها كل مادة على إلكترونات متحركة. تكون الإلكترونات حلقات تيار وتنتج مجالاً مغناطيسياً.

إذا كانت حلقات التيار:

1. مُوجهه بشكل عشوائي ستكون محصلة المجال المغناطيسي تساوي صفر.
2. بمحاذاة بعضها البعض سيكون لها محصلة مجال مغناطيسي وتسمى "المواد المغناطيسية"



* يبين الشكل المقابل نموذجاً مبسطاً للذرة: إلكترون يتحرك بسرعة ثابتة v في مدار دائري نصف قطره r وبالتالي يمكن اعتبار شحنة الإلكترون المتحركة تيار i * التيار هو مقدار الشحنة e المارة بنقطة معينة في كل وحدة زمنية T ومنها

$$i = \frac{e}{T} = \frac{e}{2\pi r/v} = \frac{ve}{2\pi r}$$

$$i = \frac{ve}{2\pi r}$$

يُمكن الحصول على مقدار عزم ثنائي القطب المغناطيسي للإلكترون متحرك بمدار

$$\mu_{orb} = iA = \frac{ve}{2\pi r} (\pi r^2) = \frac{ver}{2}$$

$$\mu_{orb} = \frac{ver}{2}$$

يُمكن الحصول على مقدار كمية الحركة الزاوية (الزخم) المدارية للإلكترون.

$$L_{orb} = rp = rmv$$

$$L_{orb} = rm \left(\frac{2\mu_{orb}}{er} \right) = \frac{2m\mu_{orb}}{e}$$

العلاقة بين الزخم الزاوي (L_{orb}) وعزم ثنائي القطب المغناطيسي (μ_{orb}) حيث:

بما أن عزم ثنائي القطب وكمية الحركة الزاوية كميات متجهة يمكن كتابة المعادلة:

$$\vec{\mu}_{orb} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{orb}$$

يجب وضع الإشارة السالبة في الحل: لأن التيار يُعرف بدلالة اتجاه تدفق الشحنة الموجبة.





تدريب: افترض أن ذرة الهيدروجين تتكون من إلكترون يتحرك بسرعة v في مدار دائري نصف قطره r حول بروتون ثابت. افترض أن قوة الجذب المركزي F_c التي تحافظ على حركة الإلكترون في مداره هي قوة كهروستاتيكية (نصف قطر مدار الإلكترون هو $r = 5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$).

$$F_c = F_e$$

ما مقدار العزم المغناطيسي المداري لذرة الهيدروجين؟

لايجاد سرعة

$$F_c = F_e \text{ (مساواة)}$$

$$\mu_{orb} = \frac{ver}{2}$$

$$ma_c = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{2.19 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 5.29 \times 10^{-11}}{2}$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$= 9.26 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$$

$$mv^2 = \frac{kq^2}{r}$$

$$9.11 \times 10^{-31} \times v^2 = \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.29 \times 10^{-11})}$$

$$v = 2.19 \times 10^6 \text{ m/s}$$

اللف المغزلي: لا يُعد عزم ثنائي القطب المغناطيسي الناتج عن الحركة المدارية للإلكترونات

المُساهم الوحيد في العزم المغناطيسي للذرات فهناك جسيمات أولية أخرى لها عزم مغناطيسي مثل البروتونات والنيوترونات.

تُحدد الخاصية المغناطيسية لمعظم المادة بالعزم المغناطيسية لللف المغزلي للإلكترون

* يرتبط العزم المغناطيسي لجسيم يتمتع بخاصية اللف المغزلي $\bar{\mu}_s$ بكمية الحركة الزاوية لللف

المغزلي للجسيم \bar{S}

$$\bar{\mu}_s = g \frac{q}{2m} \bar{S}$$

m كتلة الجسيم

حيث q شحنة الجسيم

$g = -2.0023 \times 10^{15}$ كقيمة بلا أبعاد تسمى المعامل