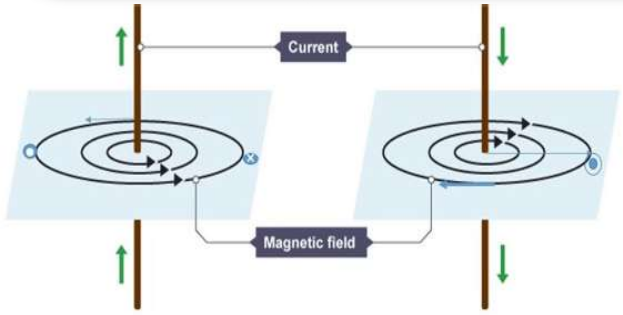
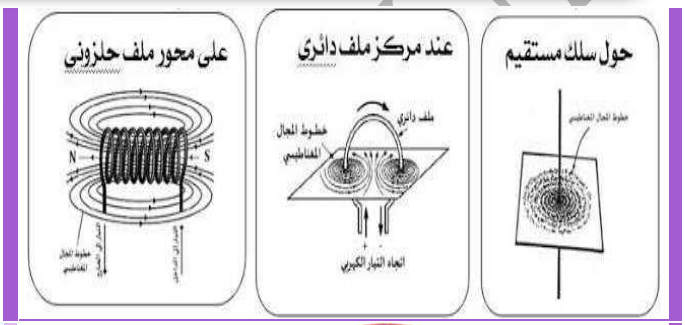
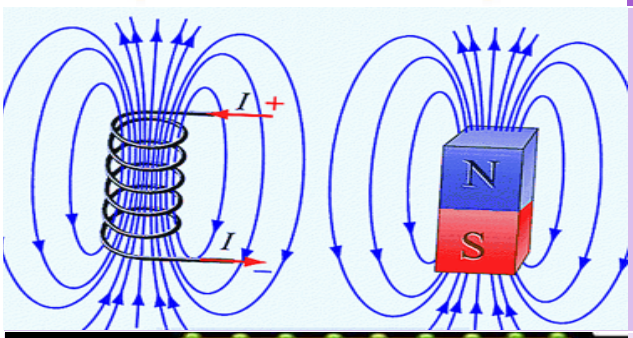
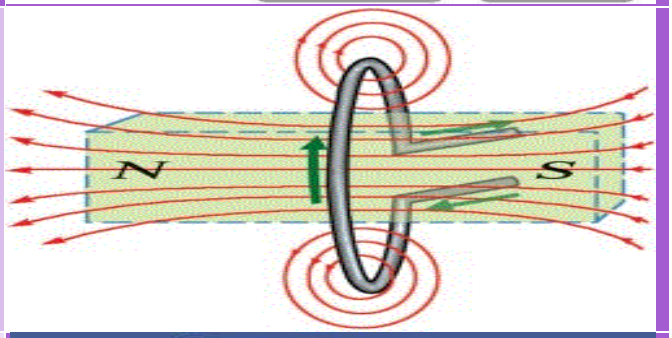
الفصل الدراسي الثاني ... الوحدة الثامنة

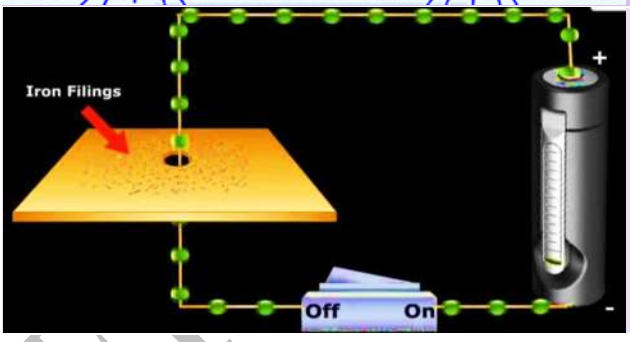
المجالات المغناطيسية للتيار الكهربائي المستمر

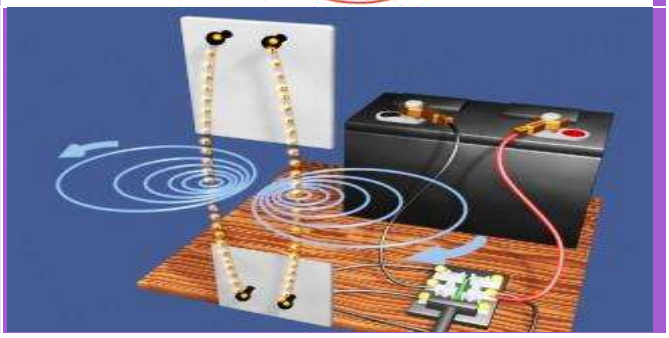












العام الدراسي 2019/2020

فيزياء 12 متقدم

إعداد:الأستاذ

فكري محمود محمد

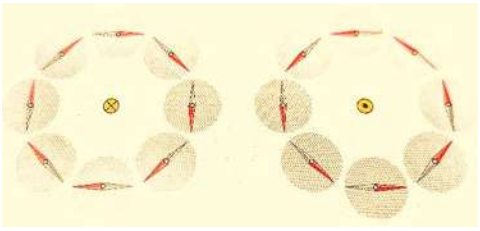
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

8.1 قانون بيو سافار

✪ مقدمة:

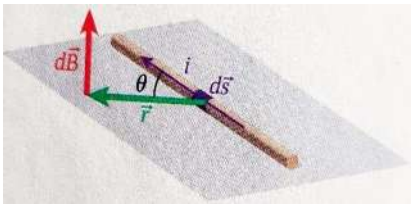
- **العالم (هانز أورستد)** .. لاحظ أنه عند مرور تيار كهربائي في موصل فإنه يتولد عنه مجالاً مغناطيسياً وقد وجد أن شكل المجال يختلف باختلاف شكل الموصل. [استطاع تحويل الطاقة الكهربائية إلى مغناطيسية]

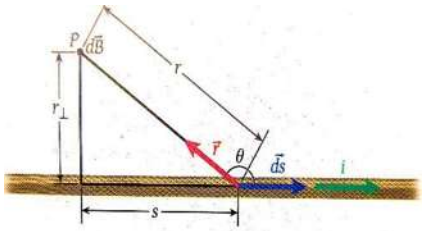
- **إبرة البوصلة** .. دائماً يشير قطبها الشمالي إلى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي كما أن اتجاه انحراف الإبرة يتوقف على عاملين هما :
① اتجاه مرور التيار فى الموصل
②- وضع السلك بالنسبة للإبرة



- عندما ينعكس اتجاه التيار المارفي الموصل ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي.
- عندما ينعكس اتجاه التيار ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي.

☯ قانون بيو- سافار





يوضح العلاقة بين التيار المار في سلك والمجال المغناطيسي الناتج عنه عند نقطة تبعد عنه مسافة معينة في الفراغ.

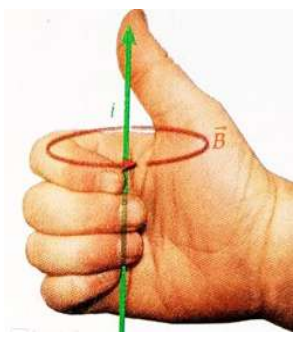
$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{i.ds.Sin\theta}{r^2}$$

$\vec{dB}$: متجه المجال المغناطيسي لعنصر صغير من السلك طوله $\vec{ds}$

$i\vec{ds}$: متجه طول تفاضلي يشير إلى اتجاه تدفق التيار على طول الموصل

☜ **ملحوظة هامة** : يجب أن يكون $\vec{dB}$ عمودياً دائماً على كل من $\vec{ds}$ ومتجه الوحدة $\hat{r}$.

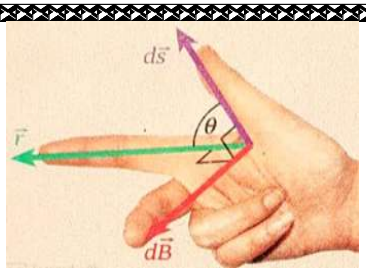
8.2 المجالات المغناطيسية الناتجة عن مرور التيار



أولاً: المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في سلك مستقيم

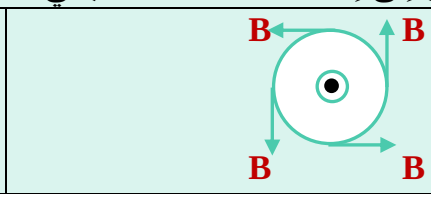
- **وصف المجال** : دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها هو السلك المار به التيار كما أن مستواه يكون عمودياً على التيار.
- **تحديد اتجاه المجال : قاعدة اليد اليمنى الثالثة** أو **قبضة اليد اليمنى**
حيث يشير.. **إصبع الابهام** لاتجاه التيار i ، بينما يشير **انحناء باقي الأصابع** لاتجاه خطوط المجال حول السلك.
- المماس عند أى نقطة يحدد اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة

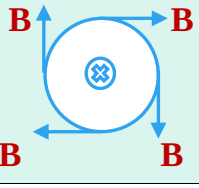
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed



-كذلك يمكن **تحديد اتجاه المجال المغناطيسية** عند أى نقطة باستخدام **القاعدة الأولى لليد اليمنى**

حيث يشير.. إصبع الابهام إلى اتجاه عنصر التيار التفاضلي $d\vec{s}$ ، وإصبع السبابة تشير إلى اتجاه الموقع $\hat{r}$ (النقطة المطلوبة) وإصبع الوسطى يشير إلى إتجاه المجال المغناطيسي التفاضلي $d\vec{B}$.



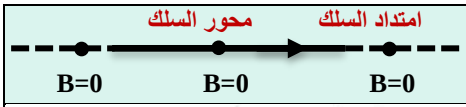


✪ حساب شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن مرورتيار كهربائي في سلك مستقيم عند نقطة

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

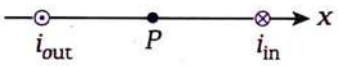
حيث : $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \ \frac{\text{web}}{\text{A.m}}$

☜ **ملحوظة هامة** : المجال المغناطيسي على محور السلك أو امتداده دائماً $= 0$



مراجعة المفاهيم 8.2

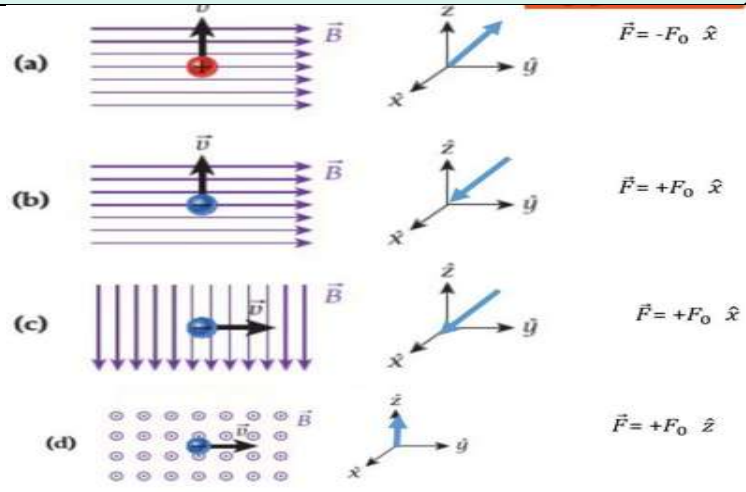
يمر في السلك 1 تيار يتدفق خارجًا من الصفحة، i_{out}، كما يظهر في الشكل. ويمر في السلك 2 تيار يتدفق إلى داخل الصفحة، i_{in}. ما اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة P؟

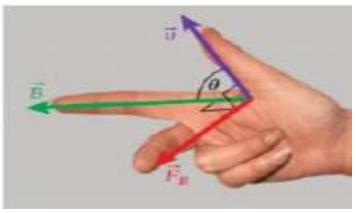


a) لأعلى في مستوى الصفحة
b) إلى اليمين
c) لأسفل في مستوى الصفحة
d) إلى اليسار
e) المجال المغناطيسي عند النقطة P يساوي صفرًا.

الإجابة : (a) $B_T = B_1 + B_2$

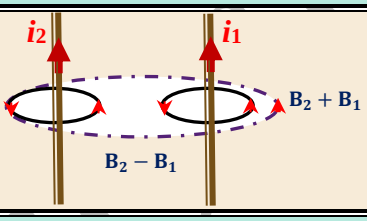
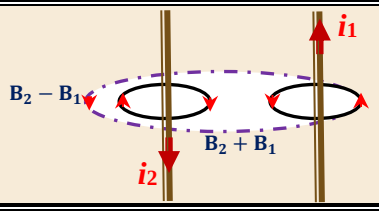
7.13 ارسم القوة المغناطيسية المؤثرة في كل الجسيمات المتحركة الموضحة في الأشكال على النظام الإحداثي xyz وحدد اتجاهها (بدلالة متجهات الوحدة $\hat{x}$ و$\hat{y}$ و$\hat{z}$). *ملحوظة:* يتجه محور y الموجب إلى اليمين، ويتجه محور z الموجب إلى أعلى الصفحة، ويتجه محور x الموجب إلى خارج الصفحة.





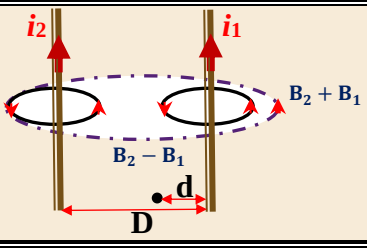
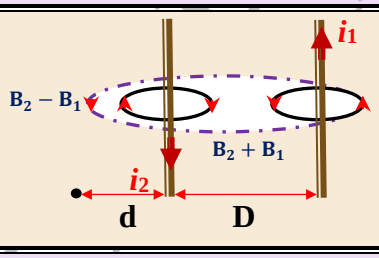
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

في حال مرور التيار في سلكين متوازيين

التيارين في اتجاه واحد	التيارين في اتجاهين متضادين
تنشأ **قوة تجاذب** بين السلكين ونستدل على ذلك بتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى على كل سلك على حده نجد أن (B_1, B_2) بين السلكين في اتجاهين متضادين فتنشأ قوة تجاذب بينهما .	تنشأ **قوة تنافر** بين السلكين ونستدل على ذلك بتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى على كل سلك على حده نجد أن (B_1, B_2) بين السلكين في اتجاه واحد فتنشأ قوة تنافر بينهما .
	
$B_{T_{\text{بين السلكين}}} = B_2 - B_1$ $B_{T_{\text{خارج السلكين}}} = B_2 + B_1$	$B_{T_{\text{بين السلكين}}} = B_2 + B_1$ $B_{T_{\text{خارج السلكين}}} = B_2 - B_1$
القوة المغناطيسية التي يؤثر بها السلك الأول على الثاني $F_{1\to2} = B_1 . L . i_2$ $F_{1\to2} = \frac{\mu}{2\pi} . \frac{i_1}{r} . L . i_2$ القوة المتبادلة بين السلكين تخضع لقانون نيوتن الثالث $F_{1\to2} = -F_{2\to1}$	القوة المغناطيسية التي يؤثر بها السلك الثاني على الأول $F_{2\to1} = B_2 . L . i_1$ $F_{2\to1} = \frac{\mu}{2\pi} . \frac{i_2}{r} . L . i_1$ القوة المتبادلة بين السلكين تخضع لقانون نيوتن الثالث $F_{2\to1} = -F_{1\to2}$

إيجاد بعد نقطة التعادل

نقطة التعادل : هى النقطة التي تنعدم عندها محصلة المجالين المغناطيسي ، وتكون عندها محصلة المجالين = **0** ، ودائماً أقرب ما يكون للسلك الذي يمر به تيار شدته أقل

	
نقطة التعادل عندها تكون $B_1 = B_2$ $\therefore \frac{\mu i_1}{2\pi d} = \frac{\mu i_2}{2\pi (D-d)}$ $\therefore \frac{i_1}{d} = \frac{i_2}{(D-d)}$ d بعد السلك الأول عن نقطة التعادل ، D المسافة بين السلكين	نقطة التعادل عندها تكون $B_1 = B_2$ $\therefore \frac{\mu i_1}{2\pi d} = \frac{\mu i_2}{2\pi (D+d)}$ $\therefore \frac{i_1}{d} = \frac{i_2}{(D+d)}$ d بعد السلك الثاني عن نقطة التعادل ، D المسافة بين السلكين

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

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 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.

الإجابة : b دائماً تكون $F_{1\to2} = -F_{2\to1}$ مهما اختلفت قيمة شدة التيار

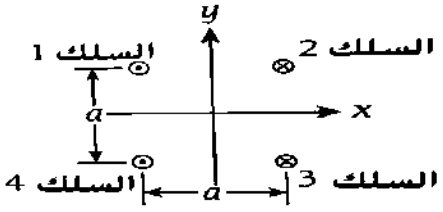
سؤال الاختبار الذاتي 8.2

تخيَّل سلكين متوازيين يحملان تيارن متساويان في الاتجاه نفسه. هل القوة بين السلكين عبارة عن قوة جذب أو قوة تنافر؟ والآن، تخيَّل سلكين متوازيين يحملان تيارًا في اتجاهين مختلفين. ما القوة بين السلكين؟

الإجابة : في الحالة الأولى قوة جذب ، أما في الحالة الثانية قوة تنافر

✪ المجال المغناطيسي الناتج عن أربعة أسلاك

❶ أربعة أسلاك يحمل كل منها تياراً مقداره 1A وتوجد الأسلاك في الزوايا الأربع لمربع طول ضلعه a=3.7cm ويحمل سلكان منهما التيار إلى داخل الصفحة ، بينما يحمل الاثنان الآخران التيار خارج الصفحة ما مركبة المجال المغناطيسي العمودية (BY) في مركز المربع ؟



أولاً .. محصلة المجالات على محور $x = 0$

$$\sum B_x = 0$$

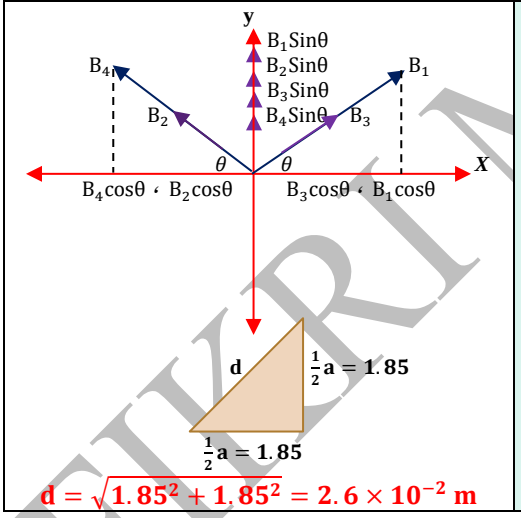
ثانياً .. محصلة المجالات على محور y

$$\sum B_y = 4\,B_y = 4B_y.\,\mathrm{Sin}\theta$$

$$= 4\frac{\mu}{2\pi}.\frac{i}{d}.\,\mathrm{Sin}\theta$$

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

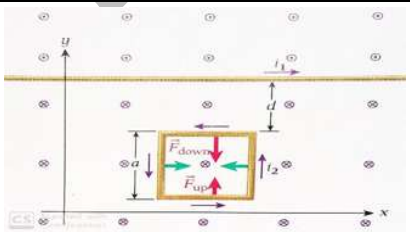
$$\sum B_y = 2.2\times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$



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

✪ القوة المغناطيسية المبذولة على حلقة يمر بها تيار كهربائي

❷ يحمل سلك طويل مستقيم تياراً مقداره $i_1 = 5A$ باتجاه اليمين وتوضع حلقة مربعة يبلغ طول ضلعها a=0.25m بحيث تكون أضلاعها كما في الشكل والمسافة d=0.1m من السلك وتحمل الحلقة المربعة تياراً مقداره $i_2 = 2.2A$ بعكس اتجاه عقارب الساعة. ما محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الحلقة المربعة؟



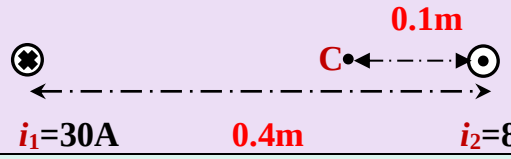
FIKRI
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

$$F_1 = \frac{\mu_\circ . i_1 . i_2 . L}{2\pi . d}$$
$$F_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 2.2 \times 0.25}{2\pi \times 0.01} = 5.5 \times 10^{-6}\text{N}$$ لأسفل

$$F_2 = \frac{\mu_\circ . i_1 . i_2 . L}{2\pi (d + a)}$$
$$F_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 2.2 \times 0.25}{2\pi \times (0.01 + 0.25)} = 1.57 \times 10^{-6}\text{N}$$ لأعلى

$$F_3 = F_4 = B.i.L$$
$$F_{net_{3,4}} = 0$$
$$F_{net} = (5.5 - 1.57) \times 10^{-6} = 3.93 \times 10^{-6}\text{N}$$ لأسفل

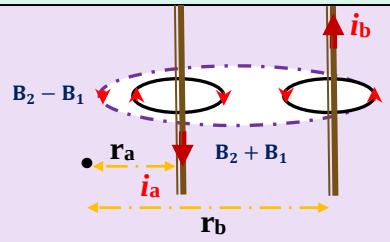
❸ سلكان مستقيمان طويلان عموديان على الصفحة كما بالشكل المقابل احسب شدة المجال المغناطيسي عند النقطة C .



$$B_1 = \frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_1}{r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0.3}$$
$$B_1 = 2 \times 10^{-5}\text{T}$$ لأسفل
$$B_2 = \frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_2}{r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2\pi \times 0.1}$$
$$B_1 = 1.6 \times 10^{-5}\text{T}$$ لأسفل

$$B_{T_{\text{بنفس الاتجاه}}} = B_1 + B_2$$
$$= (2 + 1.6) \times 10^{-5}$$
$$B_{T_{\text{بنفس الاتجاه}}} = 3.6 \times 10^{-5}\text{T}$$ للأسفل

❹ سلكان مستقيمان متوازيان تفصل بينهما في الفراغ مسافة **1m** ويحملان تيارين متعاكسين فإذا كانت $i_a = \frac{1}{3} i_b$ فأوجد بعد النقطة التي تكون عندها محصلة المجال المغناطيسي تساوي صفر .



الحل: حيث أن التياران متعاكسان لذا فإن نقطة التعادل تقع خارج السلكين حيث المجالان متعاكسان وأقرب للسلك الذي به تيار شدته أقل.

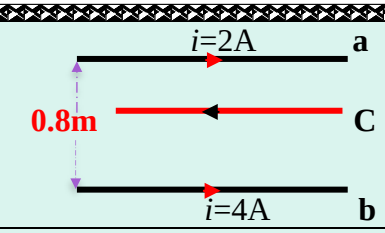
$$B_a = B_b$$
$$\frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_a}{r_a} = \frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_b}{r_b}$$
$$i_a = \frac{i_b}{3}$$
$$\frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_a}{r_a} = \frac{\mu_\circ}{2\pi} . \frac{i_b}{r_b}$$
$$\frac{i_b}{3X} = \frac{i_b}{1 + X}$$
$$X = \frac{1}{2}\text{ m}$$ عن السلك **a**

الأمبير: هو التيار 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 $2 \times 10^{-7}\text{N}$

$$F_1 = \frac{\mu_\circ . i_1 . i_2 . L}{2\pi . d}$$
$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 1 \times 1}{2\pi \times 1}$$
$$= 2 \times 10^{-7}\text{N}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

❺ في الشكل المقابل سلكين طويلين (a,b) وبينهما سلك ثالث (c) محوره يوازي محور السلكين فإذا كانت محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة في السلك (c) تساوي صفر أوجد بعد السلك (c) عن السلك (a)



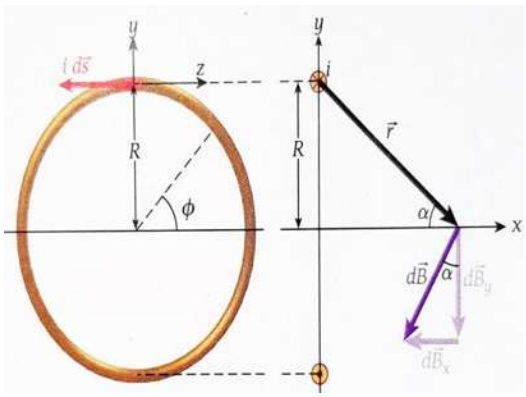
الحل :

$$F_{ac} = F_{bc}$$

$$\frac{\mu_\circ . i_a . i_c . L}{2\pi . d_a} = \frac{\mu_\circ . i_b . i_c . L}{2\pi . d_b}$$

$$d_a = \frac{i_a . d_b}{i_b} = \frac{2 \times (0.8 - d_a)}{4} = 0.26\ m$$

☯ المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في حلقة سلك



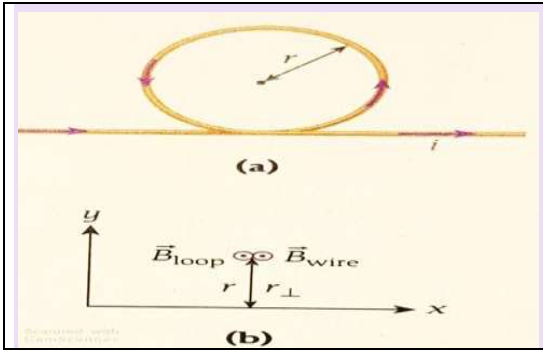
يمكن إيجاد المجال المغناطيسي على طول محور حلقة دائرية حاملة للتيار من خلال العلاقة التالية:

$$B_x = \frac{\mu_\circ . i . R^2}{2(X^2 + R^2)^{3/2}}$$

يمكن إيجاد المجال المغناطيسي في **مركز حلقة سلك دائرية** حاملة للتيار من خلال العلاقة التالية:[X=0]

$$B(\text{عند المركز}) = \frac{\mu_\circ . N . i}{2R}$$

❻ تتكون حلقة يبلغ نصف قطرها r =8.3mm في منتصف سلك طويل ومستقيم معزول يحمل تياراً مقداره 26.5mA ، ما مقدار المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة؟



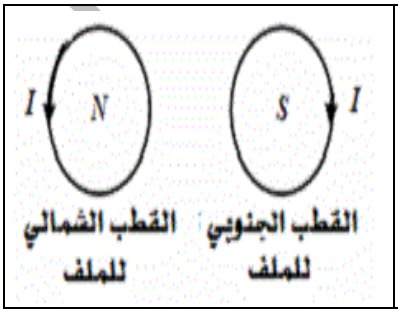
الحل:

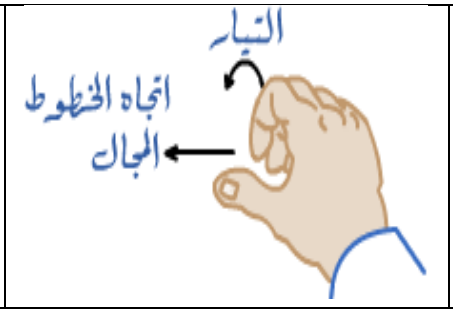
$$B = \frac{\mu_\circ . N . i}{2R}$$

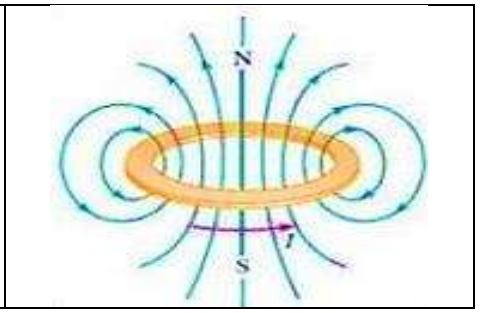
$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 26.5 \times 10^{-3}}{2\pi \times 8.3 \times 10^{-3}}$$

$$= 6.4 \times 10^{-7} T \text{ للخارج}$$

☯ وصف المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف دائري







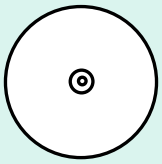
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

✪ **شكل المجال** : **عند مركز الملف** يكاد يكون منتظم **وخارجه** (غير منتظم)على شكل منحنيات مغلقة يشبة المجال المغناطيسي الناشئ عن قضيب مغناطيسي قصير

❼ ملف دائري نصف قطره 0.12m وعدد لفاته 150 لفة موضوع في مستوى الصفحة كما بالشكل مر تيار في الملف فولد مجالاً مغناطيسياً عند المركز مقداره $4.5 \times 10^{-4}\text{T}$ باتجاه خارج من الصفحة احسب :

1- شدة التيار المار في الملف وحدد اتجاهه.

2- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في بروتون لحظة مروره بمركز الملف بسرعة $7.4 \times 10^{5}\text{m/s}$ في مستوى الصفحة نحو اليمين.



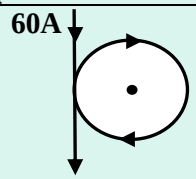
الحل :

$$i = \frac{2R.B}{\mu_\circ .N} == \frac{2\times0.12}{4\pi\times10^{-7}\times150} = 0.57\text{A}$$

$$\mathbf{F_B} = \mathbf{q}.v.\mathbf{B}.\mathbf{sin90} = 1.6\times10^{-19}\times7.4\times10^{5}\times4.5\times10^{-4}\times1 = 5.3\times10^{-17}\text{N}$$

❽ سلك مستقيم طويل يحمل تيار شدته 60A تم لف جزء من السلك على شكل حلقة دائرية واحدة نصف قطرها 0.1m كما بالشكل المقابل:

احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة.



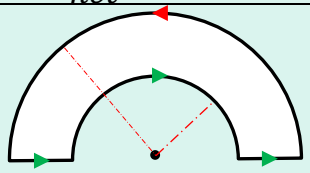
الحل:

$$\mathbf{B}_{wire} = \frac{\mu_\circ}{2\pi}.\frac{i}{r} = \frac{2\times10^{-7}\times60}{0.1} = 1.2\times10^{-4}\ \text{T} \quad \odot$$

$$\mathbf{B}_{loop} = \frac{\mu_\circ .\text{N}.i}{2\text{R}} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times60\times1}{2\times0.1} = 3.769\times10^{-4}\text{T} \quad \otimes$$

$$\mathbf{B}_{net} = -3.769\times10^{-4} + 1.2\times10^{-4} = -2.6\times10^{-4}\text{T}$$ باتجاه الأكبر

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



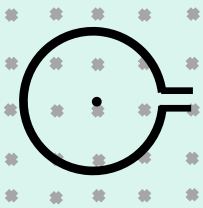
$$\text{B}_{\text{حلقة صغرى}} = \frac{\mu_\circ .\text{N}.i}{2\text{R}} == \frac{4\pi\times10^{-7}\times7\times0.5}{2\times0.2} = 1.1\times10^{-5}\text{T} \quad \otimes$$

$$\text{B}_{\text{حلقة كبرى}} = \frac{\mu_\circ .\text{N}.i}{2\text{R}} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times7\times0.5}{2\times0.3} = 7.3\times10^{-6}\text{T} \quad \odot$$

$$\mathbf{B}_{net} = 1.1\times10^{-5} - 7.3\times10^{-6} = 3.7\times10^{-6}\text{T}$$ باتجاه الأكبر $\otimes$

❿ يظهر الشكل المقابل سلكاً لف على هيئة لفة دائرية واحدة ويمر بها تيار كهربائي شدته 5A ويؤثر في الملف مجال مغناطيسي منتظم مقداره $2\times10^{-5}\text{T}$ إذا علمت أن محصلة المجال المغناطيسي عند مركز الملف $= 0$

- حدد اتجاه التيار الكهربائي المار في اللفة
- احسب نصف قطر اللفة.

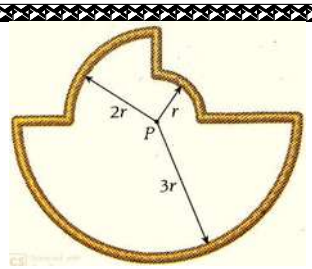


الحل : اتجاه التيار يكون في عكس عقارب الساعة

$$\text{R} = \frac{\mu_\circ .\text{N}.i}{2\text{B}} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1\times5}{2\times2\times10^{-5}} = 0.157\ \text{m}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

8.86 تحمل الحلقة الموضحة بالشكل تياراً مقداره 3.961A ويبلغ مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة **P** داخل الحلقة $7.213 \times 10^{-7}\mathrm{T}$ احسب مقدار (r) .

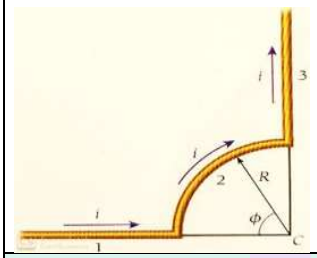


الحل :

$$B = \frac{\mu_\circ .i.\left(\frac{1}{4}\right)}{2R} + \frac{\mu_\circ .i.\left(\frac{1}{4}\right)}{2(2R)} + \frac{\mu_\circ .i.\left(\frac{1}{2}\right)}{2(3R)}$$

$$R = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3.961}{2 \times 7.213 \times 10^{-7}} \left(\frac{\left(\frac{1}{4}\right)}{1} + \frac{\left(\frac{1}{4}\right)}{2} + \frac{\left(\frac{1}{2}\right)}{3} \right) = 1.869 \text{ m}$$

8.13 يحمل السلك الموضح بالشكل تياراً i ويحتوي على جزء 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 مرور التيار في السلك.



a- $B = \frac{\mu_\circ . i}{6R}$

b- $B = \frac{\mu_\circ . i}{8R}$

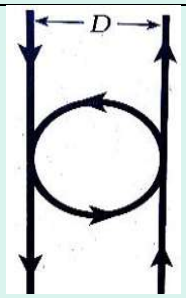
c- $B = \frac{\mu_\circ . i}{12R}$

d- $B = \frac{\mu_\circ . i}{2R}$

e- $B = \frac{\mu_\circ . i}{4R}$

الحل : $B = \frac{\mu_\circ . i}{8R}$

8.28 يحمل سلكان متوازيان تياراً (i) في اتجاهين متعاكسين ويبعدان عن بعضهما مسافة D كما بالشكل وتحمل حلقة دائرية نصف قطرها $R = D/2$ التيار نفسه الذي يتدفق في عكس اتجاه عقارب الساعة حدد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي الناتج من الحلقة والسلكين المتوازين عند مركز الحلقة بدلالة i , R



الحل :

$$\mathbf{B}_{\text{للسلك الأول}} = \frac{\mu}{2\pi} . \frac{i}{R}$$

$$\mathbf{B}_{\text{للسلك الثاني}} = \frac{\mu}{2\pi} . \frac{i}{R}$$

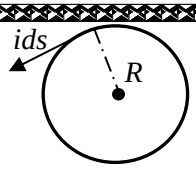
$$\mathbf{B}_{\text{للسلكين}} = \frac{2\mu}{2\pi} . \frac{i}{R}$$

$$\mathbf{B}_{\text{للملف}} = \frac{\mu . i}{2R}$$

⊙ محصلة المجالات للخارج $\sum \mathbf{B} = \frac{\mu}{2R} \langle 1 + \frac{2}{\pi} \rangle$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

11 استنتج علاقة المجال المغناطيسي عند مركز حلقة دائرية نصف قطرها **(R)** وتيارها **(*i*)** باستخدام قانون بيوسافار.



الحل:

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{i.ds.Sin\theta}{r^2}$$

$$B = \int dB = \int \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{i.ds.Sin90}{R^2} = \frac{\mu_\circ.i}{4\pi.R^2}\int ds$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_\circ.i}{4\pi.R^2}(2\pi R) = \mathbf{\frac{\mu_\circ.i}{2R}}$$

8.3 قانون أمبير

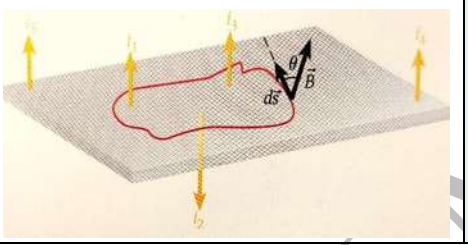
✪ **إستخدامه** : يستخدم لحساب المجال المغناطيسي الناتج عن توزيع عناصر التيار عندما يكون للتوزيع تماثل أسطواني أو غير ذلك من أنواع التماثل (يشبه لقانون جاوس في الكهربية الساكنة)

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

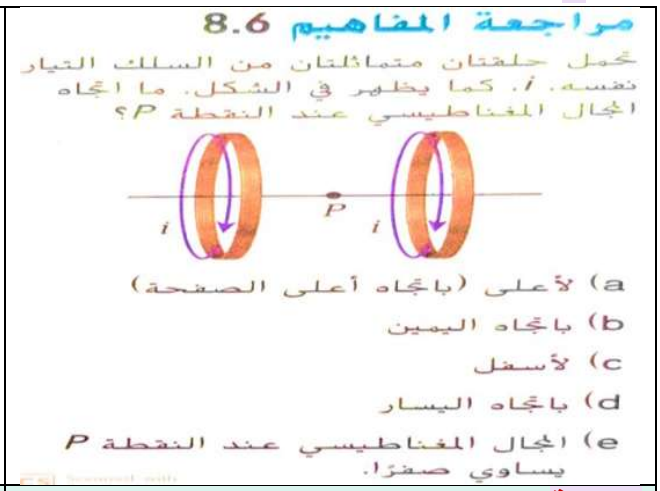
☜ **ملحوظة** : i_{enc} تمثل التيار في السلك ضمن الحلقة الأمبيرية فقط ولا يمثل التيار الكلي فيه

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:

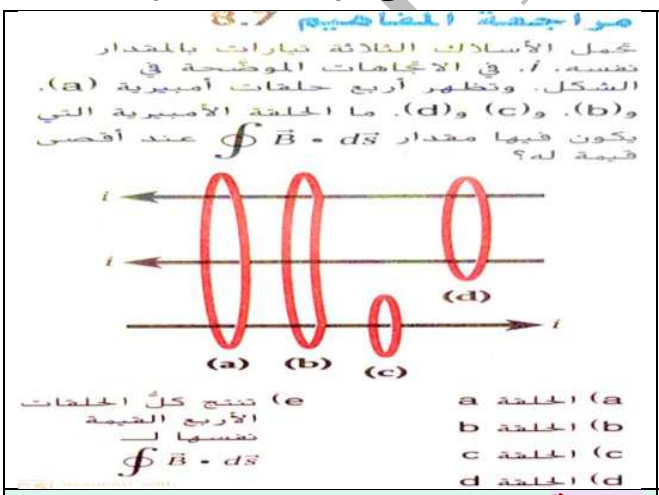
$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \oint \vec{B}\cos\theta.ds = \mu_\circ(i_1 - i_2 + i_3)$$



حيث θ الزاوية بين اتجاه المجال $\vec{B}$ واتجاه عنصر الطول $d\vec{s}$ عند كل نقطة على طول الحلقة الأمبيرية



الإجابة : **d** اتجاه اليسار

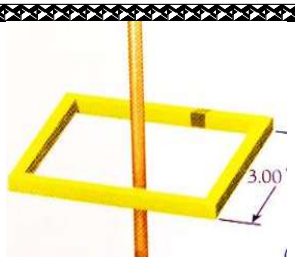


الإجابة : **(d)** الحلقة d **حيث** :

- الحلقة **(a)** $i+i-i$
- الحلقة **(b)** $i-i$
- الحلقة **(c)** i
- الحلقة **(d)** $i+i$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

8.34 يبلغ طول ضلع أميتر مربع 3cm وبامكان أضلاعه قياس المجال المغناطيسي المعرض له وعندما يثبت الأميتر حول سلك يحمل تياراً مستمراً كما يظهر في الشكل تكون القيمة المتوسطة للمجال المغناطيسي المقيس على الأضلاع 3G ما مقدار التيار في الأسلاك؟



الإجابة:

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

$$(26.5\times10^{-3})(0.12) = 4\pi\times10^{-7}.i_{enc}$$

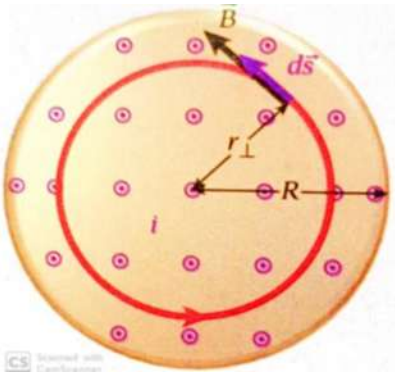
$$i_{enc} = \frac{3\times10^{-4}\times0.12}{4\pi\times10^{-7}} = 28.65\ A$$

$d\vec{s}_{\text{المحيط}} = 4\times0.03 = 0.12m$

ملحوظة: $1G = 10^{-4}T$

✪ 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.
ولإيجاد المجال المغناطيسي الناتج عن هذا التيار عند أى نقطة نرسم حلقة أمبيرية عند النقطة المطلوبة نصف قطرها r



$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = B\oint d\vec{s} = B.(2\pi r) = \mu_\circ . i_{enc}$$

$$B = \frac{\mu_\circ}{2\pi r} i_{enc}$$

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

وبدمج المعادلتين السابقين نتوصل إلى قانون المجال المغناطيسي داخل سلك طويل

$$B = \left[\frac{\mu_\circ . i}{2\pi R^2}\right].r$$

أما على سطح السلك تماماً فتكون **R=r** ويصبح القانون : $B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi R}$

وبالنسبة لنقطة خارج السلك **r > R** يصبح القانون : $B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi . r}$

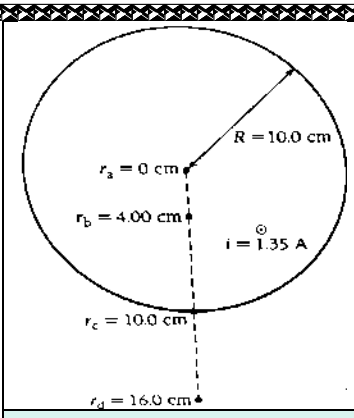
8.11 افترض أنه يمكنك تمثيل صاعقة برق على هيئة تيار في خط مستقيم طويل إذا مرت شحنة مقدارها 15c بنقطة في زمن $1.5\times10^{-3}s$ فما مقدار المجال المغناطيسي على مسافة 26m من صاعقة البرق؟ (ملحوظة: تعتبر خارج السلك لأن الصاعقة تعتبر كتيار كهربائي)

الحل :

$$i = \frac{q}{t} = \frac{15}{1.5\times10^{-3}} = 10000\ A$$

$$B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi . r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times10000}{2\pi\times26} = 7.69\times10^{-5}T$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed



8.47 **الشكل المقابل** يعرض مقطعاً عرضياً عبر قطر دائرة موصل أسطواني طويل مصمت يبلغ نصف قطر الأسطوانة R=10cm ، يوزع تيار مقداره 1.35A بانتظام على الموصل ويتدفق خارجاً من الصفحة احسب اتجاه ومقدار المجال المغناطيسي في المواقع التالية :

① $\mathbf{r_a = 0\ cm}$

② $\mathbf{r_b = 4\ cm}$

③ $\mathbf{r_c = 10\ cm}$

④ $\mathbf{r_d = 16\ cm}$

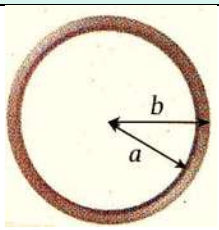
الحل :

① $B = \left[\frac{\mu_\circ . i}{2\pi R^2}\right] . r_a = 0$

② $B = \left[\frac{\mu_\circ . i}{2\pi R^2}\right] . r_b = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35 \times 4 \times 10^{-2}}{2\pi \times (0.1)^2} = 1.08 \times 10^{-6} T$

③ $B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi \times 0.1} = 2.7 \times 10^{-6} T$

④ $B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi . r} \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.35}{2\pi \times 0.16} = 1.687 \times 10^{-6} T$



8.82 أسطوانة موصلة طويلة ومجوفة نصف قطرها الداخلي a ونصف قطرها الخارجي b تحمل تياراً يتدفق خارجاً من الصفحة افترض أن a=5cm ، b=7cm وأن التيار $i = 0.1A$ موزع بانتظام على الجدار الأسطواني بين (b,a) أوجد مقدار المجال المغناطيسي في كل من المسافات التالية r من مركز الأسطوانة

a) r = 4 cm

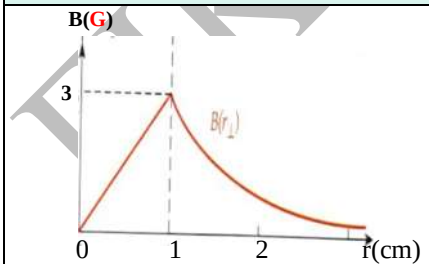
b) r = 9 cm

الحل :

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

a – $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0}{2\pi \times 0.04} = 0\ T$

b – $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.1}{2\pi \times 0.09} = 2.2 \times 10^{-7}\ T$



12 يمثل الرسم البياني المقابل تغيرات المجال المغناطيسي بتغير البعد عن مركز سلك مستقيم .ادرس الشكل ثم أجب:

a) حدد شدة المجال المغناطيسي على سطح الموصل

b) مقدار شدة التيار المار في السلك

c) مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 0.5cm عن المركز (داخل السلك).

d) مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 2cm عن المركز (خارج السلك).

e) حدد العلاقة بين (B , r) داخل السلك وخارجه

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

الحل:

a – السطح $B = 3G = 3 \times 10^{-4}\ T$

b – $$i = \frac{2\pi R.B}{\mu_\circ} = \frac{2\pi \times 0.01 \times 3 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7}} = 15\ A$$

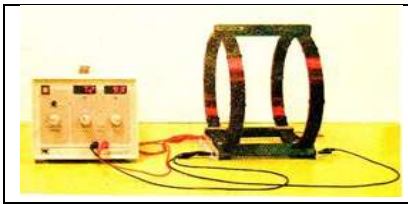
c – $$B = \frac{\mu_\circ . i . r}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15 \times 0.5 \times 10^{-2}}{2\pi \times 0.01} = 1.5 \times 10^{-6} T$$

d – $$B = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{2\pi \times 2 \times 10^{-2}} = 1.5 \times 10^{-4} T$$

e- داخل السلك العلاقة **طردية** $B \propto r$ وخارج السلك العلاقة **عكسية** $B \propto {}^{1}/_{r}$

8.4 المجالات المغناطيسية الخاصة بالملفات اللولبية والحلقية

✪ ملف هلمهولتز:

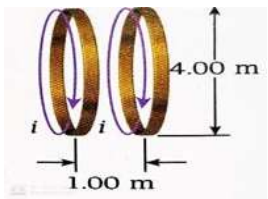


- يتكون من حلقتين محوريتين من السلك بحيث كل حلقة تتكون من حلقات متعددة أو من لفات من سلك واحد.
- ينشأ عنه مجالات مغناطيسية منتظمة داخل الملف بين الحلقات ومجال غير منتظم خارج الملف.

ملحوظة: المجال عند نقطة على محور الملف الدائري تحسب من العلاقة:

$$\mathbf{B = \frac{\mu_\circ . i . N . R^2}{2(X^2 + R^2)^{3/2}}}$$

حيث X : البعد الرأسي عن مركز الملف



8.64 وضع ملفان مكونان من (50) لفة يبلغ قطر كل منهما 4m على مسافة 1m عن بعضهما كما بالشكل المقابل ويتدفق تيار مقداره 7A في أسلاك الملفين في اتجاه عقارب الساعة عند النظر إليهما من الجانب الأيسر. ما مقدار المجال المغناطيسي في منتصف المسافة بين الملفين

الحل:

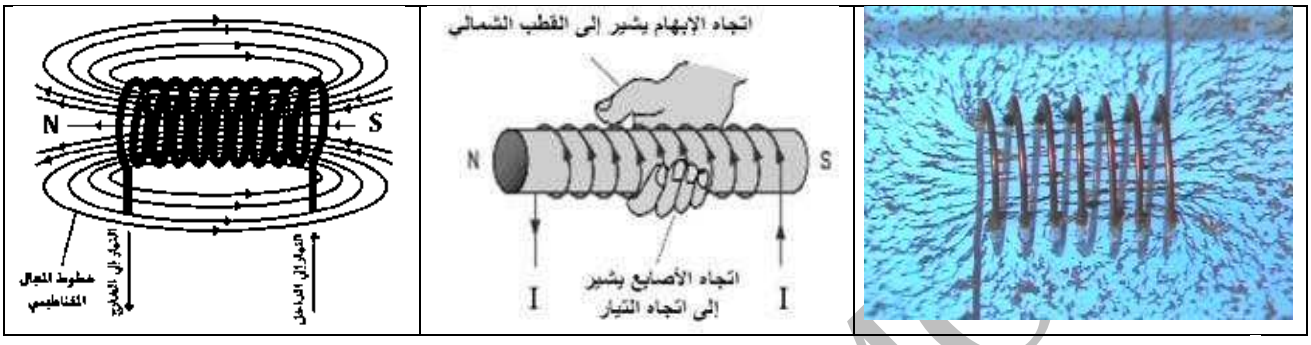
$$B = \frac{\mu_\circ . i . N . R^2}{2(X^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$B_1 = B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 7 \times 50 \times (2)^2}{2((0.5)^2 + (2)^2)^{3/2}} = 1 \times 10^{-4}\ T$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

☯ الملف اللولبي (الحلزوني)

✪ وصف المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار في ملف لولبي



✪ **شكل المجال** : **عند محور الملف** يكون المجال منتظم **وخارجه** (غير منتظم)على شكل منحنيات مغلقة يشبة المجال المغناطيسي الناشئ عن قضيب مغناطيسي طويل.

✪ **حساب شدة المجال المغناطيسي عند أي نقطة على محور الملف اللولبي**:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_\circ . \mathrm{N} . i}{\mathrm{L}}$$

$$\because \mathrm{n} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{L}}$$

حيث أن : **n** عدد اللفات في وحدة الأطوال

$$\mathbf{B} = \boldsymbol{\mu_\circ} . \mathbf{n} . \boldsymbol{i}$$

13 يحتوى الملف اللولبي النموذجي على 200 لفة لكل 1cm يتحرك الكترون بسرعة داخل الملف اللولبي في دائرة نصف قطرها 3cm متعامداً على محور الملف اللولبي. احسب شدة التيار المار في الملف.

الحل :

$$\mathrm{r} = \frac{\mathrm{m}.v}{|\mathrm{q}|.\mathrm{B}}$$

$$\mathrm{B} = \frac{\mathrm{m}.v}{|\mathrm{q}|.\mathrm{r}} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.5 \times 10^{7}}{1.6 \times 10^{-19} \times \mathrm{B}} = 2.84 \times 10^{-3}\mathrm{T}$$

$$\boldsymbol{i} = \frac{\mathrm{B}.\mathrm{L}}{\mu_\circ . \mathrm{N}} = \frac{2.84 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 200} = 0.11A$$

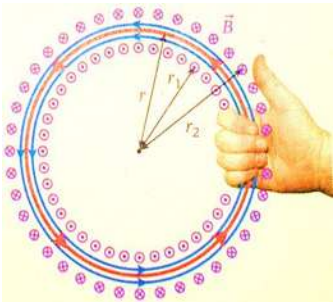
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

☯ الملف الحلقي (المغناطيس الحلقي)



هو ملف لولبي ثني بحيث يلتقي طرفاه معاً (على شكل دائرة) ويعطى المجال المغناطيسي داخله بالعلاقة :

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_\circ . N . i}{2\pi . r}$$



✪ **تحديد اتجاه المجال المغناطيسي للملف الحلقي**

نستخدم قاعدة اليد اليمنى الرابعة الموضحة بالشكل المقابل

✪ **إيجاد عدد اللفات للملف الحلقي N**

من خلال قسمة طول السلك L على محيط المقطع العرضي

$$\mathbf{N} = \frac{\mathrm{L}}{\pi \mathrm{d}_{\text{القطر}}} = \frac{\mathrm{L}}{2\pi \mathrm{r}_{\text{نصف القطر}}}$$

8.50 يتدفق تيار مقداره 2A خلال ملف لولبي يحتوي 1000 لفة ويبلغ طوله 40cm ما مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي؟

الحل:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_\circ . \mathrm{N} . i}{\mathrm{L}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 1000}{40 \times 10^{-2}} = 6.28 \times 10^{-3} \mathrm{T}$$

14 مغناطيس حلقي مصنوع من سلك نحاس طوله 202m له القدرة على حمل تيار مقداره 2.4A ويبلغ متوسط نصف قطر المغناطيس الحلقي له 15cm ويبلغ قطر مقطعه العرضي 1.6cm ما أكبر مجال مغناطيسي عند مركز مغناطيس حلقي نصف قطره R ؟

الحل:

$$\mathbf{N} = \frac{\mathrm{L}}{\pi \mathrm{d}_{\text{القطر}}} = \frac{202}{\pi \times 1.6 \times 10^{-2}} = 4018.7 \text{ لفة}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_\circ . \mathrm{N} . i}{\mathrm{L}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4018.7 \times 2.4}{2\pi \times 15 \times 10^{-2}} = 1.29 \times 10^{-2} \mathrm{T}$$

15 ملف لولبي يحتوي على 1000 لفة لكل متر من طوله ويمر به تيار 0.25A أدخل سلك مستقيم طويل يحمل تيار 10A على طول محور الملف اللولبي احسب مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة على بعد 1cm من المحور

الحل :

$$\mathbf{B}_{\text{Solenoid}} = \frac{\mu_\circ . \mathrm{N} . i}{\mathrm{L}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.25 \times 1000}{1} = 3.14 \times 10^{-4} \mathrm{T}$$

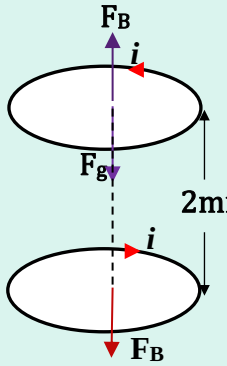
$$\mathbf{B}_{\text{wire}} = \frac{\mu_\circ . i}{2\pi . r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.01} = 2 \times 10^{-4} \mathrm{T}$$

$$\mathbf{B}_{\text{net}} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \sqrt{(3.14 \times 10^{-4})^2 + (2 \times 10^{-4})^2} = 3.72 \times 10^{-4} \mathrm{T}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

16 ملفان محوريان متماثلان مصنوعان من سلك يبلغ نصف قطره 20cm وموضوعان فوق بعضهما مباشرة ويبعدان بمسافة 2mm يوجد الملف السفلي على منضدة مسطحة ويمر به تيار i في اتجاه عقارب الساعة بينما يحمل الملف العلوي تياراً مماثلاً وتبلغ كتلته 0.05kg .

- حدد اتجاه التيار في الملف العلوي للحفاظ عليه مرفوعاً على مسافة 2mm عن الملف السفلي.
- احسب مقدار التيار في كلا الملفين.



☜ ملحوظة : اتجاه الـ F_B المؤثرة على الملف العلوي لأعلى لكى يبقى الملف مرفوعاً وبالتالي يمكن تحديد اتجاه التيار في الملف.
من الشكل نلاحظ أن الملف العلوي يتأثر بقوة F_B للأعلى والملف السفلي يتأثر بقوة F_B للأسفل مما يدل على أنها قوى تنافر مما يعني أن التيارين متعاكسين ، وللحفاظ على الملف العلوي مرفوعاً يجب أن يكون اتجاه F_g معاكسة لـ F_B .

الحل :

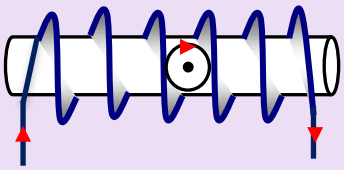
$$F_B = \frac{\mu_\circ . i_1 . i_2 . L}{2\pi . d}$$

$$m.g = \frac{\mu_\circ . i^2 . L}{2\pi . d}$$

$$0.05 \times 9.8 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times i^2 \times 1.25}{2\pi \times 2 \times 10^{-3}}$$

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

17 ملف لولبي عدد لفاته 6 لفة وطوله 0.2m بداخله ملف دائري نصف قطره 0.05m وعدد لفاته 5 فإذا كانت شدة التيار في الملف اللولبي 0.35 A وشدة تيار الملف الدائري 0.5A فاحسب محصلة المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري



الحل:

$$B_{Solenoid} = \frac{\mu_\circ . N . i}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.35 \times 6}{0.2} = 1.3 \times 10^{-5} T \longleftarrow$$

$$B_{loop} = \frac{\mu_\circ . N . i}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.5 \times 5}{2 \times 0.5} = 3.14 \times 10^{-6} T \otimes$$

$$B_{net} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \sqrt{(3.14 \times 10^{-6})^2 + (1.3 \times 10^{-5})^2} = 1.3 \times 10^{-5} T$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

8.5 الذرات كمغناطيسيات

تحتوي الذرات التي تتكون منها كل مادة على الكترونات متحركة حيث تُكون الالكترونات حلقات تيار وتنتج مجالاً مغناطيسياً.

فإذا كانت حلقات التيار :

① مُوجهة بشكل عشوائي ستكون محصلة المجال المغناطيسي = 0.

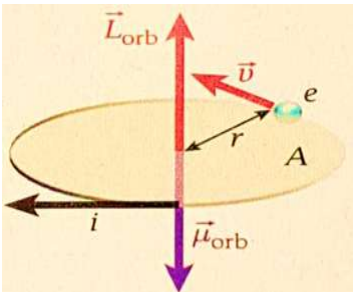
② بمحاذاة بعضها البعض سيكون لها محصلة مجال مغناطيسي وتسمى **بالمواد المغناطيسية**

أى أن .. هناك نوعان من العزم المغناطيسى الذري

❶ **عزم مغناطيسي مداري** : ينشأ عن دوران الالكترون حول النواة.

❷ **عزم مغناطيسي مغزلي** : ينشأ عن دوران الالكترون حول نفسه.

أولاً : العزم المغناطيسي المداري:



يوضح الشكل المقابل نموذجاً مبسطاً للذرة : الكترون يتحرك بسرعة ثابتة v في مدار دائري نصف قطره r وبالتالي يمكن اعتبار شحنة الالكترون المتحركة تيار i .

شدة التيار: هو مقدار الشحنة التي تمر بنقطة معينة خلال وحدة الزمن.

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

✪ يمكن الحصول على مقدار **عزم ثنائي القطب المغناطيسي لالكترون متحرك بمدار** حول النواه

$$\mu_{orb} = i.A = \frac{e.v}{2\pi.r}(\pi r^2) = \frac{v.e.r}{2}$$

✪ يمكن الحصول على مقدار **كمية الحركة الزاوية (الزخم) المدارية للالكترون**

$$L_{orb} = r.P = r.m.v$$

☯ **العلاقة بين الزخم الزاوي (L_{orb}) وعزم ثنائي القطب المغناطيسي (μ_{orb})**

$$\mu_{orb} = -\frac{e}{2m}L_{orb}$$

يتم وضع الإشارة السالبة في الحل لأن : التيار يعرف بدلالة اتجاه تدفق الشحنة الموجبة.

مثال : افترض أن ذرة الهيدروجين تتكون من الكترون يتحرك بسرعة v في مدار دائري نصف قطره r حول بروتون ثابت افترض أن قوة الجذب المركزي التي تحافظ على حركة الالكترون في مداره هي قوة كهروستاتيكية (نصف قطر مدار الالكترون هو 5.29×10^{-11} m) ما مقدار العزم المغناطيسي المداري لذرة الهيدروجين؟

$$F_c = Fe$$

$$m.\frac{v^2}{r} = k\frac{q^2}{r^2}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

$$9.11\times10^{-31}\times v^2=\frac{9\times10^{9}\times(1.6\times10^{-19})^2}{5.29\times10^{-11}}$$

$$v=2.19\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

$$\mu_{orb}=\frac{v.e.r}{2}=\frac{2.19\times10^{6}\times1.6\times10^{-19}\times5.29\times10^{-11}}{2}=9.26\times10^{-24}\mathrm{A.m^2}$$

ثانياً : عزم مغناطيسي مغزلي (اللف المغزلي) :

لا يعد عزم ثنائي القطب المغناطيسي الناتج عن الحركة المدارية للإلكترونات المساهم الوحيد في العزم المغناطيسي للذرات حيث أن هناك جسيمات أولية أخرى لها **عزم مغناطيسي مثل** البروتونات والنيترونات.

تُحدد الخاصية المغناطيسية لمعظم المادة **بالعزوم المغناطيسية للف المغزلي للإلكترون**

كما يرتبط العزم المغناطيسي لجسيم يتمتع بخاصية اللف المغزلي **بكمية الحركة الزاوية للف المغزلي للجسيم S**.

$$\mu_s=\mathbf{g}\frac{\mathbf{q}}{\mathbf{2m}}\mathbf{S}$$

حيث (g) كمية بلا أبعاد وتسمى **المعامل** وهي تساوي -2.0023×10^{15}

8.6 الخواص المغناطيسية للمادة

المغنطة $\left(\vec{M}\right)$:

هي محصلة عزم ثنائي القطب الناتج عن عزوم ثنائيات أقطاب الذرات لكل وحدة حجم من المادة.

☜ **ملحوظة** : يعتمد المجال المغناطيسي $\vec{B}$ داخل المادة على المجال المغناطيسي الخارجي $\vec{B_\circ}$ والمغنطة $\vec{M}$.

حيث تحدث المغنطة : عند تعرض المادة لمجال مغناطيسي خارجي $\mathbf{B_\circ}$

$$\vec{B}=\vec{B_\circ}+\mu_\circ\vec{M}$$

حيث $\vec{B}$ شدة المجال المغناطيسي داخل المادة

✪ **حساب شدة المجال المغناطيسي الخارجي** $\left(\vec{H}\right)$:

$$\vec{H_\circ}=\frac{\vec{B_\circ}}{\mu_\circ}$$

$$\vec{B}=\vec{B_\circ}+\mu_\circ\vec{M}=\vec{H_\circ}\mu_\circ+\mu_\circ\vec{M}=\mu_\circ\left(\vec{H_\circ}+\vec{M}\right)$$

☜ **ملحوظة** : وحدة المجال المغناطيسي B هي T ووحدة معامل النفاذية المغناطيسية $\mu_\circ$ هي T.m/A .. بالتالي فإن وحدتي المغنطة M وشدة المجال المغناطيسي H هي A/m.

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

☯ المواد الدايامغناطيسية والبارامغناطيسية ☯

تنقسم المواد من حيث مغنطتها إلى ثلاث أقسام:

① ديامغناطيسية ② بارامغناطيسية ③ فرومغناطيسية

✪العلاقة بين المغنطة $\vec{M}$ وشدة المجال المغناطيسي الخارجي $\vec{H}$ للمواد الديامغناطيسية والبارامغناطيسية

$$\vec{M} = X_m \vec{H}_\circ$$

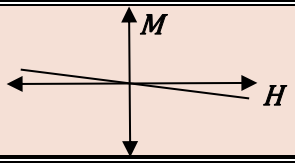
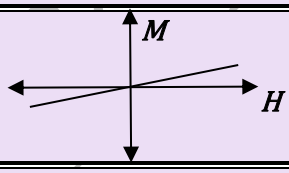
حيث X_m القابلية المغناطيسية للمادة (**ثابت ليس له وحدة قياس**)

معامل النفاذية المغناطيسية النسبي K_m : $K_m = 1 + X_m$

معامل النفاذية المغناطيسية للمادة μ : $K_m = \frac{\mu}{\mu_\circ}$

وبشكل عام نجد أن : $K_m = \frac{\mu}{\mu_\circ} = \frac{B}{B_\circ} = \frac{H}{H_\circ} = (1 + X_m)$

☯ مقارنة بين المواد الديامغناطيسية والبارامغناطيسية ☯

	المواد الديامغناطيسية	المواد البارامغناطيسية
غياب مجال مغناطيسي خارجي	ثنائيات القطب تكون مرتبة عشوائياً ومحصلة المجال المغناطيسي داخلها =0	ثنائيات القطب تكون مرتبة عشوائياً ومحصلة المجال المغناطيسي داخلها =0
وضعها في مجال مغناطيسي خارجي	ثنائيات القطب ترتب نفسها عكس المجال الخارجي كما يستحث فيها مجال معاكس للمجال الخارجي	ثنائيات القطب ترتب نفسها باتجاه المجال الخارجي كما يستحث فيها مجال باتجاه المجال الخارجي
القابلية المغناطيسية	$X_m < 0$ سالبة	$X_m > 0$ موجبة
المغنطة $\vec{M}$	صغيرة ومعاكسة لاتجاه المجال الخارجي $\vec{H}$	صغيرة وبنفس اتجاه المجال الخارجي $\vec{H}$
ازالة المجال الخارجي	تزول المغنطة	تزول المغنطة
العلاقة البيانية بين $\vec{H}$ ، $\vec{M}$		
المغنطة $\vec{M}$ ودرجة الحرارة	المغنطة $\vec{M}$ لا تعتمد على الحرارة	قانون كوري $M = \frac{C.B}{T}$ C: ثابت كوري
وضعها في مجال خارجي غير منتظم	تتأثر بقوة باتجاه منطقة المجال الأقل وتتنافر مع المغناطيس المؤثر عليها	تتأثر بقوة باتجاه منطقة المجال الأكبر وتنجذب للمغناطيس المؤثر عليها
أمثلة لتلك المواد	النحاس – الفضة – معظم العناصر	العناصر الانتقالية و الأرضية النادرة

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed