

8.3 قانون أمبير

8

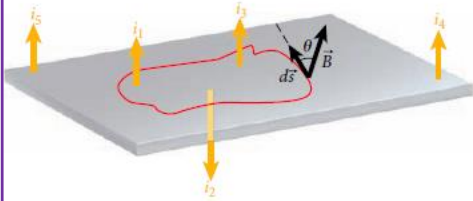
حساب المجال المغناطيسي الناتج عن توزيع عناصر التيار عندما يكون للتوزيع تماثل اسطواني او غير ذلك من انواع التماثل.

يمكن استخدام وتطبيق قانون أمبير لحل المسائل دون اللجوء الى : استخدام التكامل وقانون بيو-سافار وبالتالي فإن :

قانون أمبير هو $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$ ووحدة قياسه (T.m) حيث أن:

$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ رمز حساب التكامل الخاص بالتكاملية $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ على حلقة مغلقة تسمى ((الحلقة الأمبيرية))

يتم اختيار حلقة مغلقة ويتم حساب التيار الكلي المغلق في هذه الحلقة i_{enc} وهو مشابه لقانون جاوس حيث يتم حصر السطح المغلق المحدد لشحنة كلية.



بالمثال المجاور

1- اختيار حلقة مغلقة

2- حصر التيارات داخل الحلقة واستبعاد الأخرى

3- تطبيق قانون أمبير

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

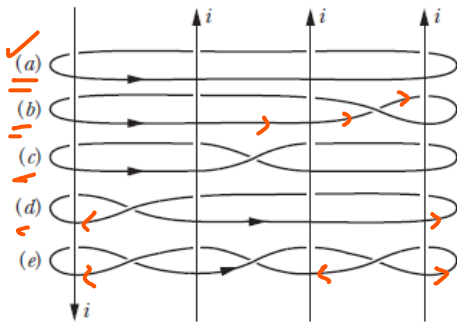
4- الزاوية θ المحصورة بين المجال المغناطيسي واتجاه عنصر الطول.

5- باستخدام قبضة اليد اليمنى تشير الاصابع تشير الى اتجاه التكامل والابهام يشير الى اتجاه التيارات الموجبة وذلك عند حصر التيارات داخل الحلقة المغلقة للتكامل.

تمرين 1:

الشكل المجاور يبين أربع تيارات متساوي في المقدار، ويظهر الشكل خمس حلقات أمبيرية أحسب مقدار $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ ورتب قيمتها من الأكبر الى الأقل؟

(للتسمية)



تمرين 2:

الشكل المجاور حلقتان أمبيريتان تحيطان بموصلان يمر بهما تياران كهربائيان حيث $i_1 = 5A$ و $i_2 = 3A$

ما مقدار قيمة $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ في الحلقتان (1) و (2)

$$(1) \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (-5 + 3) = -2 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m}$$

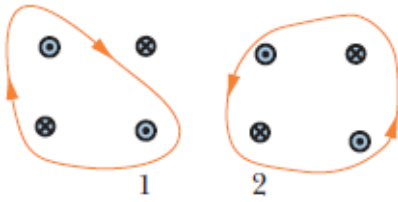
$$(2) \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 [-5 - 3] = -8 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m}$$

(1) = $-2.5 \times 10^{-6} \text{ T.m}$, (2) = $-1.6 \times 10^{-5} \text{ T.m}$

تمرين 3:

الشكل المجاور حلقتان أمبيريتان، وثمان أسلاك مستقيمة يمر بكل منها تيار شدته (2A).

ما مقدار قيمة $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ في الحلقتان (2و1)

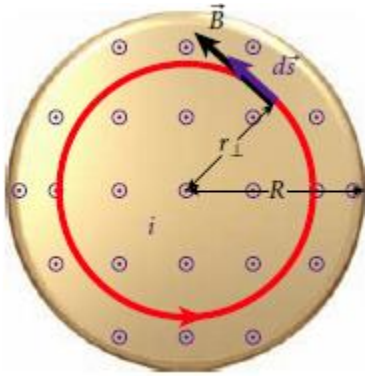


$$(1) = -2.5 \times 10^{-6} T.m, (2) = 0.0 T.m$$

المجال المغناطيسي داخل سلك طويل مستقيم

- 1 الشكل المجاور يبين مساحة مقطع عرضي دائري لسلك مستقيم طويل يتدفق منه تيار i ونصف قطره R
- 2 يتوزع التيار بانتظام على مساحة المقطع العرضي.
- 3 لاجداد المجال المغناطيسي الناتج عن التسار نستخدم حلقة أمبيرية يبلغ نصف قطرها $r_{\perp}$
- 4 يكون المجال المغناطيسي مماساً للحلقة الأمبيرية.
- 5 اعادة كتابة تكامل قانون أمبير:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \oint d\vec{s} = B(2\pi r)$$



- 6 حساب التيار المغلق من نسبة مساحة الحلقة الأمبيرية الى مساحة المقطع العرضي للسلك

$$i_{enc} = i \frac{A_{loop}}{A_{wire}} = i \frac{\pi r_{\perp}^2}{\pi R^2}$$

$$2\pi B r_{\perp} = \mu_0 i \frac{\pi r_{\perp}^2}{\pi R^2} \quad \text{وبالتالي نحصل}$$

لحساب المجال المغناطيسي داخل السلك.

$$B = \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi R^2} \right) r_{\perp} \quad \text{حيث أن } r_{\perp} : \text{البعد العمودي من مركز السلك للنقطة وتكون } r_{\perp} < R$$

لحساب المجال المغناطيسي خارج السلك.

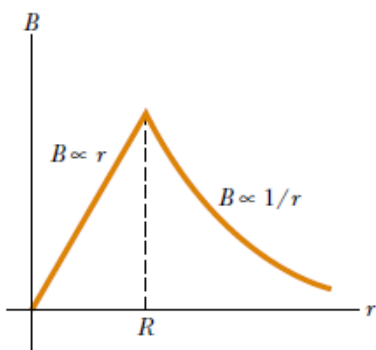
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_{\perp}} \quad \text{حيث أن } r_{\perp} : \text{البعد العمودي من مركز السلك للنقطة وتكون } r_{\perp} > R$$

عند المقارنة بين المعادلتين السابقتين

◀ عند نقطة على سطح السلك أي $R = r_{\perp}$ فنحصل على نفس المعادلة

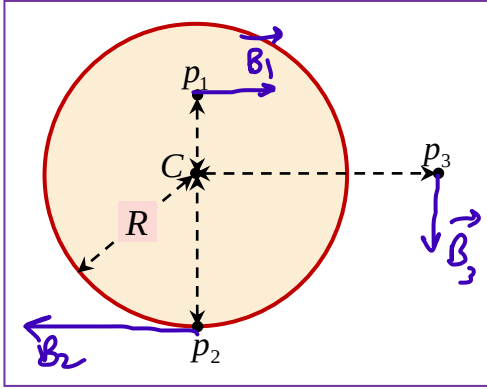
◀ العلاقة بين B و $r_{\perp}$ داخل السلك تكون العلاقة خطية طردية

◀ العلاقة بين B و $r_{\perp}$ خارج السلك تكون العلاقة. المجال يقل مع معكوس $r_{\perp}$



تمرين 4:

سلك اسطواناني مستقيم وطويل، نصف قطر مقطعه الدائري (2cm) ويمر به تيار كهربائي شدته (5mA) عمودياً على الصفحة نحو الداخل. أحسب مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقاط التالية



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

$$r < R$$

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

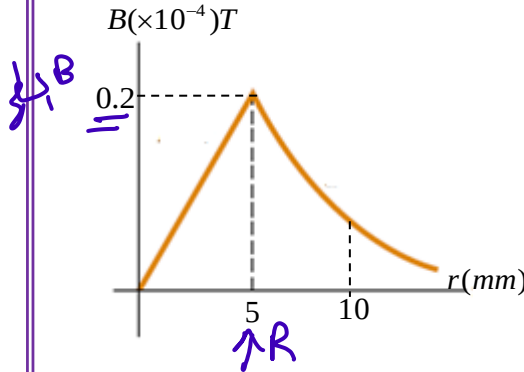
$$r > R$$

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

(a) $2.5 \times 10^{-8} T$, (b) $5 \times 10^{-8} T$, (c) $2.5 \times 10^{-8} T$

تمرين 5:

الرسم البياني المجاور يمثل العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي عند نقطة والناسيء عن مرور تيار كهربائي في سلك اسطواناني مستقيم ووبعد النقطة عن مركز السلك.



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

a- ما مقدار شدة التيار الكهربائي المار بالسلك؟

b- ما مقدار شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد (1mm) عن المركز.

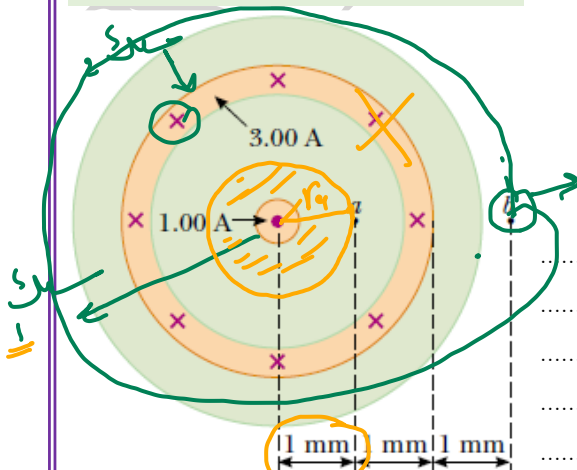
b- ما مقدار شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد (10mm) عن المركز.

(a) 0.5A, (b) $4 \times 10^{-6} T$, (c) $1 \times 10^{-5} T$

تمرين 6:

الشكل المجاور يمثل (سلك محوري) السلك الداخلي يمر به تيار (1A) عمودياً على الصفحة نحو الخارج. والسلك الخارجي يمر به تيار (3A) عمودي على الصفحة نحو الداخل.

أوجد مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطتين (a, b)



$$B = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 [1]}{2\pi \times 1 \times 10^{-3}}$$

$$B = \frac{\mu_0 [i_{enc}]}{2\pi r} = \frac{\mu_0 [3-1]}{2\pi \times 3 \times 10^{-3}}$$

$$\oint B \cdot ds = \mu_0 i_{enc}$$

$$B \times 2\pi r_1 = \mu_0 (1)$$

$$\oint B \cdot ds = \mu_0 i_{enc}$$

$$B [2\pi r_2] = \mu_0 [3-1]$$

(a) $2 \times 10^{-4} T$, (b) $1.33 \times 10^{-4} T$

8.4 المجالات المغناطيسية الخاصة بالملفات اللولبية والحلقية

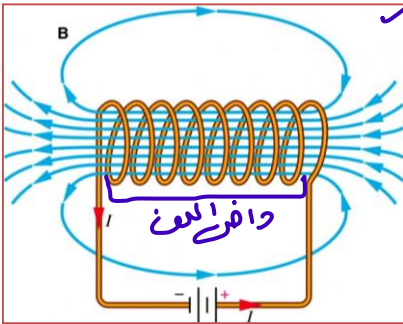
8.4

ملف هلمهولتز:



- ✓ يتكون من حلقتين محوريّتين من السلك.
- ✓ كل حلقة محورية تتكون من حلقات متعددة (ملفات أو لفات) من سلك واحد.
- ✓ ينشأ عن ملف هلمهولتز مجالات مغناطيسية **منتظمة** (في المركز بين الحلقات)
- ✓ ينشأ مجال مغناطيسي غير منتظم خارج ملف هلمهولتز

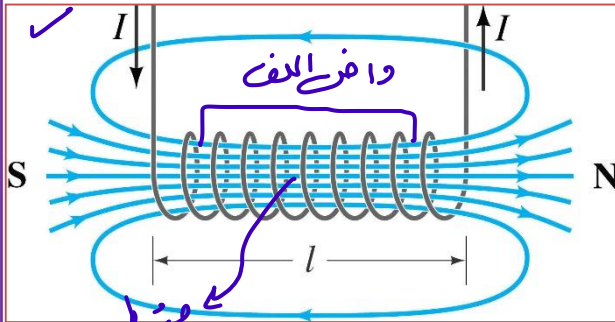
أولاً: الملف اللولبي: (الحلزوني)



- يتكون من مجموعة كثير من الحلقات (مجموعة من اللفات وعددها N)
- خطوط المجال داخل الملف اللولبي متقاربة ومستقيمة (مجال منتظم)
- يعتبر تباعد خطوط المجال المغناطيسي مقياس لشدة المجال المغناطيسي.
- (كلما تقاربت خطوط المجال زادت كثافتها فيزداد شدة المجال المغناطيسي)
- المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي أقوى بكثير من الجزء الخارجي منه
- خطوط المجال المغناطيسي الناشي عن الملف اللولبي الذي يمر به تيار كهربائي يشبه تماماً المجال المغناطيسي للمغناطيس الاسطواني.

أولاً: مقدار شدة المجال المغناطيسي الناشيء عن الملف اللولبي:

- يعتمد مقدار شدة المجال المغناطيسي عند نقطة داخل الملف والواقعة على محوره بعيداً عن الاطراف على:



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

✓ شدة التيار الكهربائي (i)

✓ عدد اللفات (N)

✓ طول الملف (L)

- يمكن كتابة المعادلة لحساب شدة المجال المغناطيسي عند أي نقطة على محور الملف اللولبي حيث أن n تمثل عدد اللفات لوحدة الأطوال.

$$B = \mu_0 ni$$

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

ثانياً: تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشيء عن الملف اللولبي

- يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي عن طريق **قاعدة اليد اليمنى**



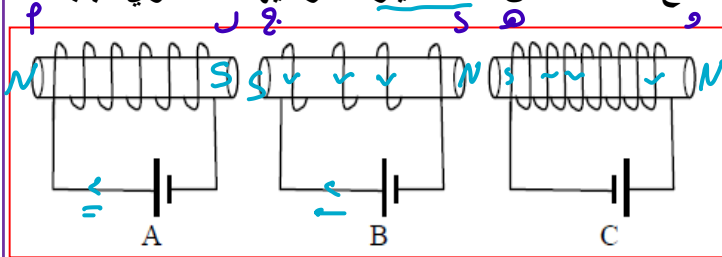
تقبض على الملف باليد اليمنى:

- فيكون الاصابع اتجاه التيار الاصطلاحي
- الابهام هو اتجاه القطب الشمالي
- (داخل الملف يكون اتجاه المجال من القطب الجنوبي للشمال)

- يعتمد اتجاه المجال المغناطيسي ونوع اقطاب المغناطيس الكهربائي على **اتجاه التيار الكهربائي المار فيه.**

تمرين 7:

في الشكل ثلاث ملفات لولبية، متماثلة في الطول ومساحة المقطع. إذا علمت أن شدة التيار المار فيهما متساوي أجب عما يلي:

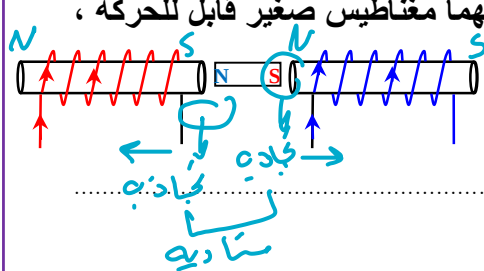


a- حدد الاقطاب المغناطيسية لكل ملف.
b- رتب الملفات تنازلياً تبعاً لشدة المجال المغناطيسي عند مركزها.

$B_C > B_B > B_A$
 $B \propto N$

تمرين 8:

الشكل المجاور يمثل ملفين متماثلين (a و b) وضع في منتصف المسافة بينهما مغناطيس صغير قابل للحركة ، فسر ماذا يحدث للمغناطيس إذا سري فيهما تياران متساويان.



سيفر سكتا

تمرين 9:

ملف لولبي طوله $0.4m$ ويتكون من عدد من اللفات ، يمر به تيار شدته $(2A)$ فكانت شدة المجال المغناطيسي داخله تساوي $6.28G$. ما مقدار عدد اللفات الذي لف به الملف اللولبي؟

100لفة

تمرين 10:

يبين الشكل المجاور خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي مستمر في ملف لولبي هوائي النواة.

أجب عما يلي:

a- حدد القطب المغناطيسي الشمالي للملف على الشكل ثم ا رسم

خطوط المجال المغناطيسي داخل الملف.

b- حدد اتجاه التيار المار في الملف.

c- اكتب طريقتين لزيادة شدة المجال المغناطيسي داخل الملف؟

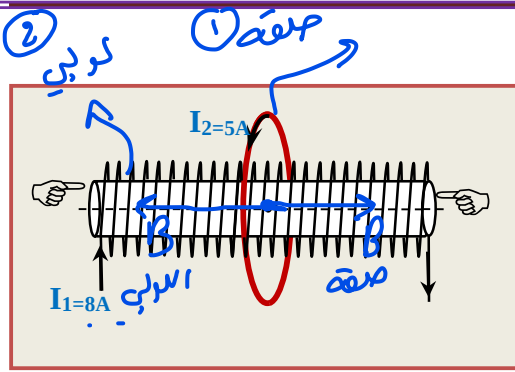
G - ينشأ عن عدد اللفات

(د) تتناسب طردياً مع شدة التيار

d- إذا كان الملف يحوي **200** لفة لكل **cm** من طوله ، وشدة المجال المغناطيسي عند نقطة على محوره تساوي **2G** ، ما مقدار شدة التيار المار بسلك الملف اللولبي؟

(d) $7.96 \times 10^{-3} A$

قربن 11:



الشكل المجاور يبين ملفاً لولبياً به عدة لفات ملفوف على أنبوب ورقي فارغ ويحوي 50لفة بالمتر، وحلقة ينطبق محورها على محور الملف اللولبي ونصف قطرها (0.4m). استخدم البيانات على الرسم ثم أجب عما يلي:

a- حدد على الرسم اتجاه المجال المغناطيسي الناشيء عن كل من الحلقة الدائرية واللولبي عند مركز الحلقة.

b- ما مقدار واتجاه شدة المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة.

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

$$B = \mu_0 n i$$

$$3.0615 \times 10^{-4} T$$

c- إذا ضغط الملف الحلزوني أفقياً من جانبيه قليلاً، ماذا يحدث للمجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري. برر إجابتك.

حركة الإلكترون داخل ملف لولبي يمر فيه تيار

مسألة محلولة 8.5

ثانياً: الملف الحلقي

- عند ثني الملف اللولبي ليلتقي طرفاه مكوناً شكلاً دائرياً
 - يكون السلك سلسلة من الحلقات يحمل كل منها التيار نفسه.
- مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف الحلقي وعند المركز.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 2\pi r B$$

التيار المغلق هو عدد الحلقات (اللفات N) في الملف الحلقي مضروباً في التيار (i)

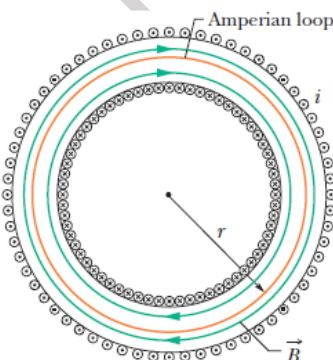
$$2\pi r B = \mu_0 N i$$

مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف الحلقي:

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

يعتمد مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف الحلقي على:

- نصف القطر
- عدد اللفات
- شدة التيار



تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف الحلقي.

نقبض باليد اليمنى على الملف -

- الاصابع اتجاه التيار الكهربائي
- الابهام هو اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف الحلقي.

ملاحظات:

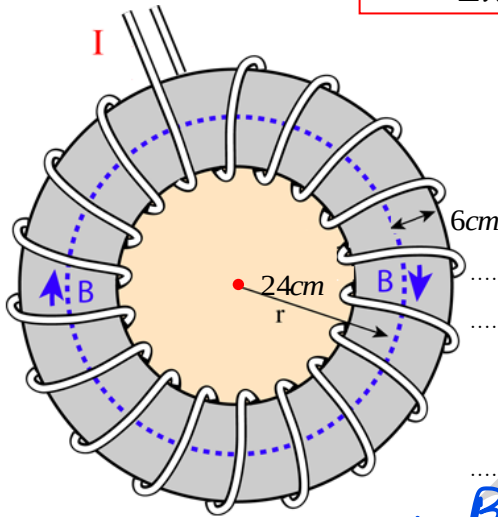
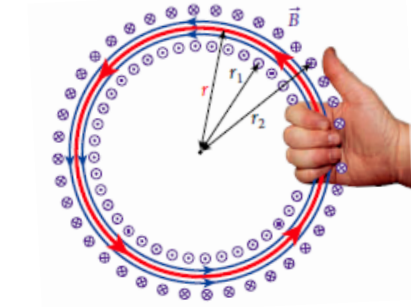
- ✓ إذا كان نصف قطر الملف الحلقي (r)
- ✓ قطر مقطع الملف اللولبي الذي يكون الملف الحلقي (d)
- ✓ عدد اللفات (N)
- ✓ طول السلك الذي كونه الملف الحلقي. (L)

فإن: $L = N\pi d$ ومنها فإن $N = \frac{L}{\pi d}$ وبالتعويض بالمعادلة $B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r}$ بدلالة (N)

$$B = \frac{\mu_0 Li}{2\pi^2 rd}$$

تصبح المعادلة لحساب المجال المغناطيسي:

بدلالة قطر اللفة ونصف قطر الملف الحلقي وطول السلك



تمرين 32: $d = 12 \text{ cm}$
تم صنع ملف حلقي من سلك طوله 300m بحيث يبلغ نصف قطر مقطعه العرضي 6cm ويبلغ متوسط نصف قطر الملف الحلقي 24cm، إذا مر به تيار شدته 4.5A أوجد:
a- عدد اللفات التي يمكن أن يعملها السلك للملف الحلقي (N)

b- شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف المغناطيسي الحلقي؟
وحدد على الرسم اتجاه التيار المار في سلك الملف

$$N = \frac{L}{\pi d} \quad \text{أو} \quad B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r} \quad \text{أو} \quad B = \frac{\mu_0 Li}{2\pi^2 rd}$$

(a) 796.18, (b) $2.985 \times 10^{-3} \text{ T}$

المجال المغناطيسي للملف حلقي

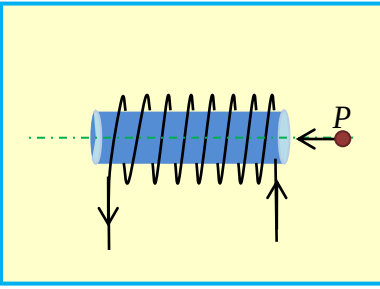
مسألة محلولة 8.4

أختر أنسب تكلمة لكل مما يلي ثم ضع في المربع أمامها إشارة (✓)

1. أحد العوامل التالية لا يعتمد عليها مقدار المجال المغناطيسي عند أي نقطة على المحور داخل ملف لولبي يمر به تيار مستمر:

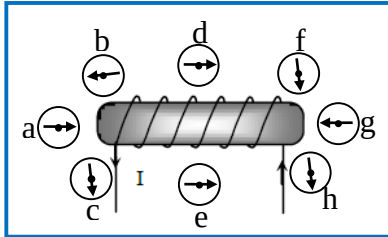
- ☐ عدد لفات الملف.
- ☐ مساحة مقطع الملف.
- ☐ طول الملف.
- ☐ شدة التيار المار في الملف.

2. الشكل المجاور ملف لولبي يمر به تيار كهربائي . وعند مرور **بروتون** من اليمين الى اليسار منطبقاً على محور الملف فإن البروتون



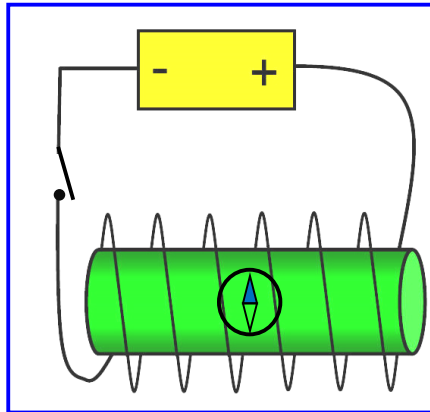
- ☐ ينحرف نحو اعلى الصفحة
- ☐ ينحرف رأسياً خارج من الصفحة
- ☐ ينحرف نحو اسفل الصفحة
- ☐ يبقى متحركاً بخط مستقيم

3. أي البوصلات التي تصف بصورة **صحيحة** اتجاه المجال المغناطيسي الناشيء عن مرور تيار مستمر في الملف اللولبي



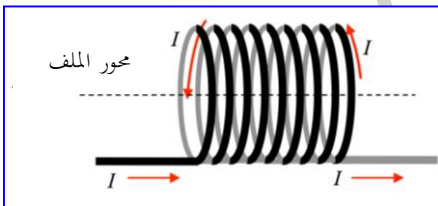
- ☐ d, g
- ☐ b, f
- ☐ a, h
- ☐ c, e

4. الشكل المجاور يبين ملف لولبي متصل ببطارية والمفتاح مفتوحاً، وضع داخله بوصلة تشير الى **اتجاه الشمال الجغرافي**. عند غلق المفتاح فإن القطب الشمالي للبوصلية سيشير الى



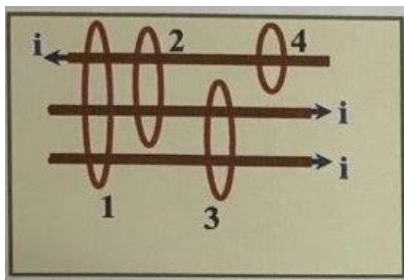
- ☐ الغرب (اليسار)
- ☐ الجنوب (الاسفل)
- ☐ تبقى في وضعها (الشمال) الاعلى
- ☐ الشرق (اليمين)

5. الشكل المجاور ملف لولبي يمر به تيار كهربائي نحو **الأعلى** من الامام ونحو **الاسفل** من الخلف اي العبارات التالية **صحيحة**:



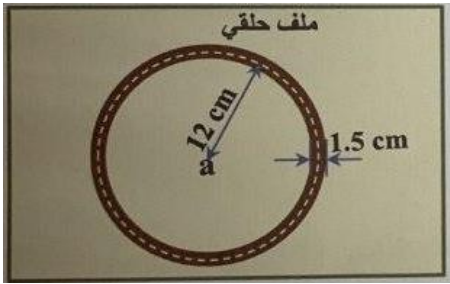
- ☐ اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف نحو اليمين.
- ☐ شدة المجال المغناطيسي خارج الملف أكبر من داخله.
- ☐ يعتمد شدة المجال المغناطيسي الناشيء عن الملف على شدة التيار المار فيه.
- ☐ يعتمد شدة المجال المغناطيسي الناشيء عن الملف على نصف قطر اللفة بالملف اللولبي.

6. في الشكل المجاور ثلاثة أسلاك يمر بهما تيارات كهربائية مقاديرها متساوية، ويظهر في الشكل أربعة حلقات أمبيرية هي (1 و2 و3 و4) أي من الحلقات الامبيرية فيها $\oint (\vec{B} \cdot \vec{s})$ له أقصى قيمة



- ☐ الحلقة 1
- ☐ الحلقة 2
- ☐ الحلقة 3
- ☐ الحلقة 4

7. في الشكل المجاور ملف حلقي طول سلكه (180cm) وقطر مقطعه العرضي (1.5cm) ويبلغ نصف قطر الملف (12cm) ، إذا مر في الملف تيار مستمر شدته (5.0A) ، ما مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (a) التي تقع في مركز الملف؟



مساعدة

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

- $6.4 \times 10^{-2} T$ ☐
 $6.4 \times 10^{-4} T$ ☐
 $3.2 \times 10^{-2} T$ ☐
 $3.2 \times 10^{-4} T$ ☐

مسألة [1]

- ملف لولبي يحوي (300) لفة لكل (1cm) يتحرك الكترون بسرعة (2.0 × 10⁷ m/s) داخل الملف في مسار دائري نصف قطره (2.0cm) وبشكل عمودي على محور الملف. أحسب شدة التيار المار في الملف اللولبي.

مساعدة

$$B = \mu_0 n i$$

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

0.15A

الاختيار من متعدد

1. مساحة مقطع الملف 2. يبقى متحركاً بخط مستقيم 3. a,h. 4. الغرب (اليسار) 5. يعتمد شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف على شدة التيار المار فيه 6. الحلقة 3 7. $3.2 \times 10^{-2} T$

مراجعة المفاهيم الخاصة بالكتاب.

8.1. c 8.2. a 8.3. a 8.4. b 8.5. e 8.6. d 8.7. d 8.8. d

الاختيار من متعدد خاص بالكتاب

8.1. b 8.2. c 8.3. c 8.4. a 8.5. d 8.6. a 8.7. c 8.8. c 8.9. a
8.10. d 8.11. a 8.12. a 8.13. d

شدة المجال المغناطيسي الناشيء عن مرور تيار مستمر

سلك مستقيم طويل	حلقة سلك	ملف لولبي (حلزوني)	ملف حلقي	داخل سلك طويل مستقيم
$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_\perp}$	$B_{loop} = \mu_0 \frac{i}{2r}$	$B = \mu_0 n i$	$B = \frac{\mu_0 N i}{2\pi r}$	$B = \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi R^2} \right) r_\perp$
	حلقة واحدة	بدلالة عدد اللفات لوحة الأطوال	بدلالة عدد اللفات ونصف قطر الملف	
	$B = \mu_0 \frac{N i}{2r}$	$B = \mu_0 \frac{N i}{L}$	$B = \frac{\mu_0 L i}{2\pi^2 r d}$	
	عدة حلقات	بدلالة عدد اللفات وطول الملف اللولبي	بدلالة طول سلك الملف وقطر الملف	
