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

تطبيق المناهج الإماراتية | الاجتماعيات | الرياضيات

الصفحة الرسمية على التلغرام | الاسلامية | العلوم

الصفحة الرسمية على الفيسبوك | الانجليزية

التربية الاخلاقية لجميع الصفوف | اللغة العربية

التربية الرياضية

مجموعات التلغرام.	مجموعات الفيسبوك	قنوات تلغرام	قنوات الفيسبوك
الصف الأول	الصف الأول	الصف الأول	الصف الأول
الصف الثاني	الصف الثاني	الصف الثاني	الصف الثاني
الصف الثالث	الصف الثالث	الصف الثالث	الصف الثالث
الصف الرابع	الصف الرابع	الصف الرابع	الصف الرابع
الصف الخامس	الصف الخامس	الصف الخامس	الصف الخامس
الصف السادس	الصف السادس	الصف السادس	الصف السادس
الصف السابع	الصف السابع	الصف السابع	الصف السابع
الصف الثامن	الصف الثامن	الصف الثامن	الصف الثامن
الصف التاسع عام	الصف التاسع عام	الصف التاسع عام	الصف التاسع عام
الصف التاسع متقدم	الصف التاسع متقدم	الصف التاسع متقدم	تاسع متقدم
الصف العاشر عام	الصف العاشر عام	الصف العاشر عام	عاشر عام
الصف العاشر متقدم	الصف العاشر متقدم	الصف العاشر متقدم	عاشر متقدم
الحادي عشر عام	الحادي عشر عام	الحادي عشر عام	حادي عشر عام
الحادي عشر متقدم	الحادي عشر متقدم	الحادي عشر متقدم	حادي عشر متقدم
ثاني عشر عام	الثاني عشر عام	الثاني عشر عام	الثاني عشر عام
ثاني عشر متقدم	الثاني عشر متقدم	ثاني عشر متقدم	ثاني عشر متقدم

المغناطيسية

الوحدة السابعة 7

12

United Arab Emirates
Ministry of Education

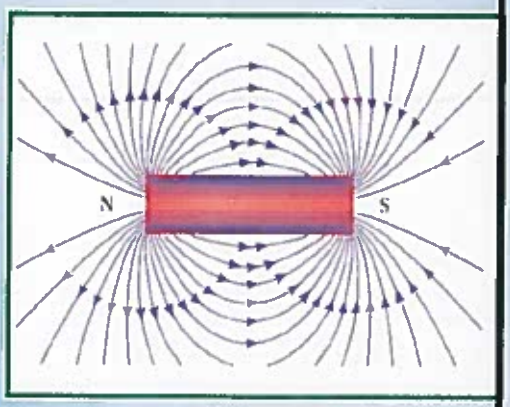
الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

I ♥ PHYSICS

7 Magnetism

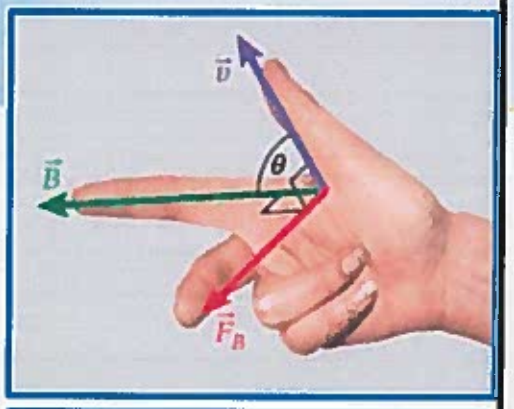
الفيزياء

مع أسامة النحوي



الثاني عشر – متقدم

الفصل الدراسي الثاني

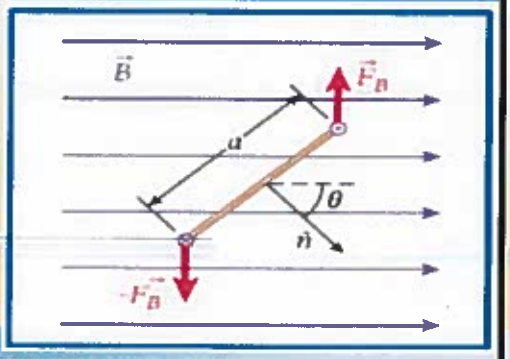


الاسم : .....

إعداد الأستاذ

أسامة إبراهيم النحوي

0554543232



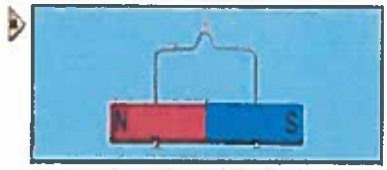
العام الدراسي 2018 -2019

MR Osama Alnahawi

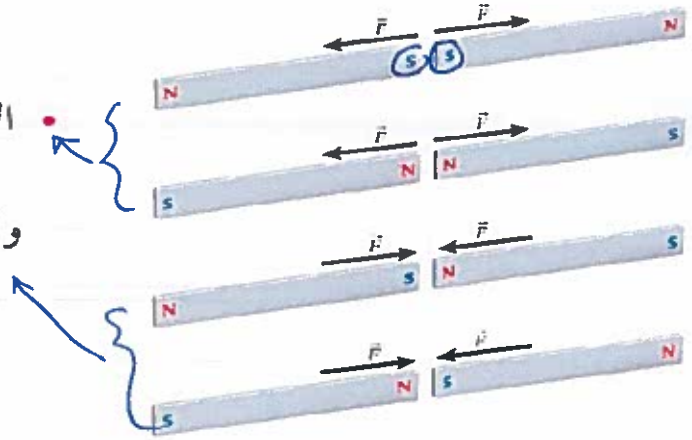
0554543232

7.1 مغناطيس دائم

إذا علقت مغناطيسًا بخيط فإن المغناطيس سيتخذ اتجاهًا يتناسب مع الخصائص المغناطيسية للأرض (a)
ستجد أن القضيب المغناطيسي قد استقر في اتجاه شمال – جنوب



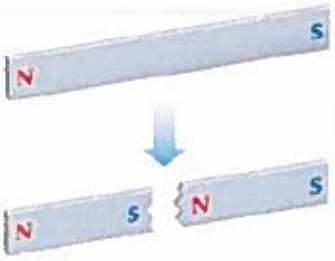
يمكنك أن تستنتج من خلال هذه التجربة البسيطة أن المغناطيس مستقطب، أي له قطبان متميزان متعاكسان



- الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر.
- والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب.

يكون القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي لها .

إذا قسمت المغناطيس إلى نصفين فسينتج مغناطيسان جديدان كل منهما له قطبان



*الخصائص العامة للمغانط

1- المغناطيس "مستقطب" ، أي له قطبان متعاكسان احداهما شمالي (الباحث عن الشمال) والآخر جنوبي (الباحث عن الجنوب).

البوصلة: مغناطيس صغير حر الدوران.

2- الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب.

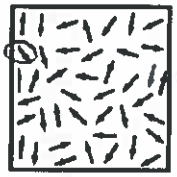
3- لا توجد أقطاب مفردة في المغانط ، أي لا يمكن فصل الأقطاب عن بعضها، فعند تقسيم المغناطيس الى نصفين ينتج مغناطيسان جديدان أصغر،

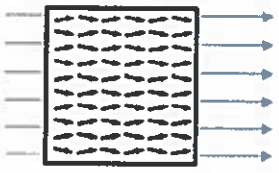
4- تشير دائما الى اتجاه (الشمال – الجنوب)، وهو ما يفسر أن الأرض نفسها عبارة عن مغناطيس كبير.
حيث يشير القطب الشمالي لابرة البوصلة نحو الشمال الجغرافي حيث يوجد القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض.
ويشير القطب الجنوبي لابرة البوصلة نحو الجنوب الجغرافي حيث يوجد القطب المغناطيسي الشمالي للأرض.

MR Osama Alnahawi

للحصول على مغناطيس دائم يتم خلط الحديد مع مواد أخرى لانتاج سبائك تحافظ على ترتيب المناطق المغناطيسية بعد ازالة المجال الخارجي.

حديد (مادة مغناطيسية) – مناطقه المغناطيسية مشتته ومحصله المجال المغناطيسي لها صفر $B_{net} = 0$

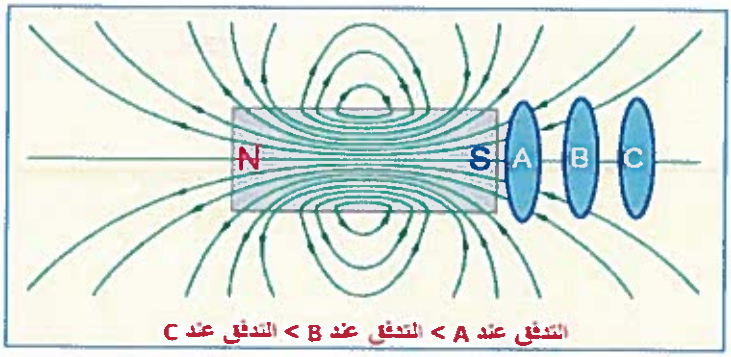




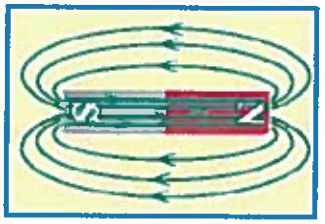
مغناطيس
المناطق المغناطيسية باتجاه واحد
S ⟶ N

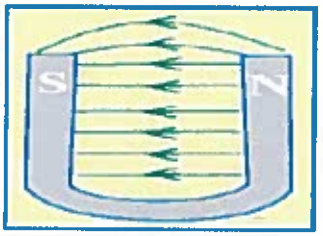
خصائص خطوط المجال المغناطيسي

1) خطوط وهمية تساعدنا في تصور المجال وتزودنا بمقياس لشدة المجال .
2) تبدو خارجة من القطب الشمالي وداخلة الى الجنوبي خارج المغناطيس ثم تكمل دورتها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي الى الشمالي (تشكل حلقات مقفلة) وذلك بسبب عدم وجود مغناطيس احادي القطب ← لذلك يبدو كما ليس لها بداية ولا نهاية .
3) لا تتقاطع ، لانه لو تقاطعت لكان في نقطة التقاطع اكثر من اتجاه للمجال .
4) تزداد كثافتها وتتقارب او تتزاحم بالقرب من الاقطاب ويقل تزاحمها كلما ابتعدنا عن الاقطاب اي ان التدفق المغناطيسي (عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحات عموديا) تكون اكبر مايمكن عند الاقطاب لان شدة المجال هناك تكون اكبر مايمكن .



التدفق عند A > التدفق عند B > التدفق عند C

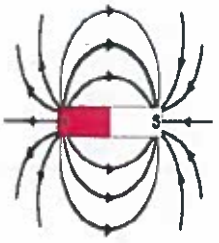


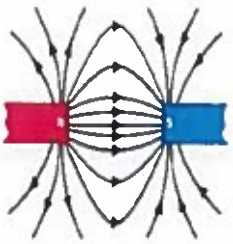


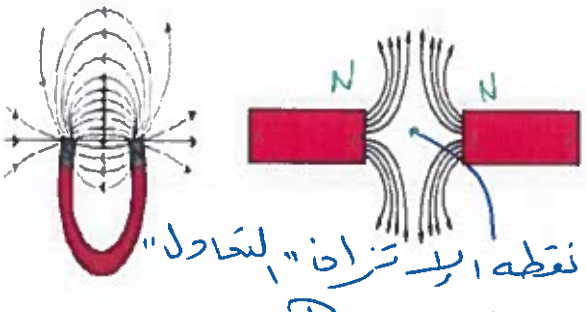
* أنواع المجال :

1) مجال منتظم : ثابت المقدار والاتجاه ـ خطوطه مستقيمة ومتوازية ـ مثل المجال داخل ساق مغناطيسية .
2) مجال غير منتظم : متغير المقدار والاتجاه ـ خطوطه غير متوازية ـ مثل المجال خارج ساق مغناطيسية .

أمثلة على خطوط المجال

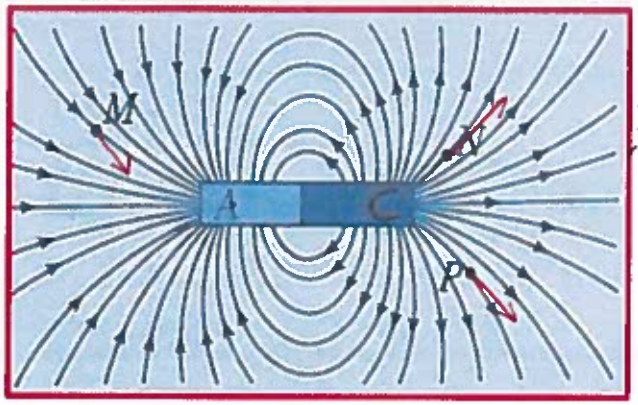






نقطه الاتزان "المتعادل" $B_{net} = 0$

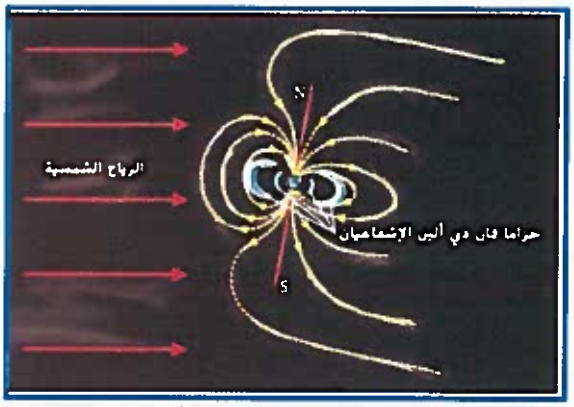
بعد دراستك للشكل التالي أجب عما يلي :



1. حدد القطب الشمالي للمغناطيس C ... يدير الخطوط تخرج منه
2. رتب تصاعدياً قيم المجالات المغناطيسية للنقاط الموضحة في الشكل. $B_M < B_P < B_N$
3. حدد إتجاه المجال المغناطيسي في النقاط المذكورة على الرسم ؟ سيكون باتجاه الحامل .

المجال المغناطيسي للأرض :

المجال المغناطيسي للأرض يحمينا من الإشعاعات عالية الطاقة المنبعثة من الفضاء والتي تسمى الأشعة الكونية .



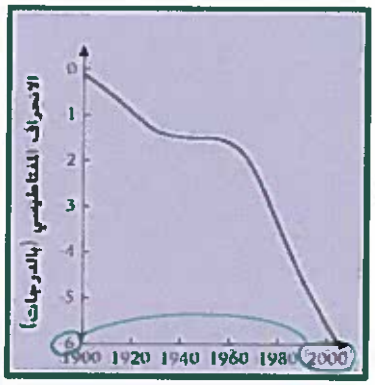
الأشعة الكونية : عبارة عن جسيمات مشحونة (بروتونات) تنحرف بعيداً عن الأرض بسبب المجال المغناطيسي للأرض . الذي يتشوه بسبب الرياح الشمسية .

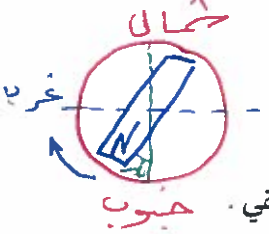
يحيط بالأرض حزمتان من الأشعة الكونية تسمى **حزاما فان دي ألين الإشعاعيان** . ويكونا أقرب ما يكونان الى الأرض بالقرب من القطبين المغناطيسيين الشمالي والجنوبي

* غالباً ما تتصادم الجسيمات المشحونة المحصورة داخل الحزامين مع الذرات الموجودة بالغلاف الجوي . فتستثار وتنبعث منها أضواء مختلفة الألوان وتنتج **ظاهرتي الشفق القطبي الشمالي والجنوبي** . ذات الالوان **الاحمر او الأخضر** والتي تعتمد على انواع الغاز الموجودة مثل الاكسجين او النيتروجين (78% 21%)

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

نظراً لان القطب الجغرافي الجنوبي والقطب الشمالي المغناطيسي **لا يقعان** في الموقع نفسه فإن إبرة البوصلة **لا تشير عادةً** الى القطب الجغرافي الشمالي بشكلٍ دقيق . وهذا ما يدعى " **الانحراف المغناطيسي** "





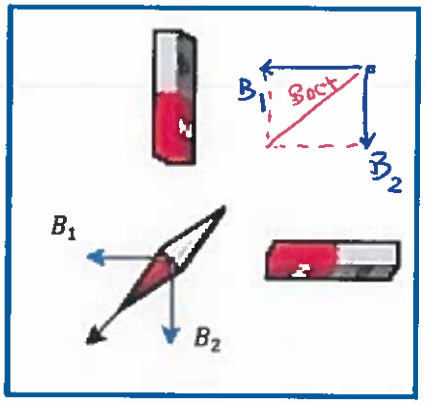
يكون الإنحراف المغناطيسي

موجب اذا كان الشمال المغناطيسي **شرق** الشمال الحقيقي .

و **سالب** اذا كان الشمال المغناطيسي **غرب** الشمال الحقيقي .

ونظراً لان موقعي قطبي الأرض المغناطيسيين **يتغيران بمرور الزمن** فإن الانحرافات المغناطيسية للمواقع على سطح الأرض تتغير بمرور الزمن .

تراكب المجالات المغناطيسية



مبدأ تراكب المجالات الكهربائية يشبه مبدأتراكب المجالات الكهربائية .

$$\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \ .....$$

مثال : ما مقدار محصلة مجالين مغناطيسيين متعامدين عند نقطة إذا كان مقدار كل منهما 3T .

$B_{net} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{3^2 + 3^2}$

1) 6 (2) 4.2 (3) 2.4 (4) 1.7

7.2 القوة المغناطيسية

استخدم الرموز التالية لتحديد الاتجاه لكل من التيار والمجال والقوة والسرعة			
عمودي على مستوى الصفحة للداخل	×	عمودي على مستوى الصفحة للخارج	•
في مستوى الصفحة لليسار	←	في مستوى الصفحة لليمين	→
في مستوى الصفحة للأعلى	↑	في مستوى الصفحة للأسفل	↓
إبرة مغناطيسية	N S	تشير دائماً الى إتجاه خطوط المجال	

MR Osama Alnahawi

قوة المجال المغناطيسي على جسيم مشحون ومتحرك فيه تحسب من العلاقة :

$$F_B = |q| v B \sin\theta, \qquad \vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}.$$

$\vec{v}\times\vec{B} = -\vec{B}\times\vec{v}$

حيث :

θ : الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة v بوحدة (m/s)واتجاه المجال المغناطيسي B بوحدة (T)

q مقدار الشحنة المتحركة في المجال (دون تعويض الاشارة السالبة) بوحدة الكولوم (C)

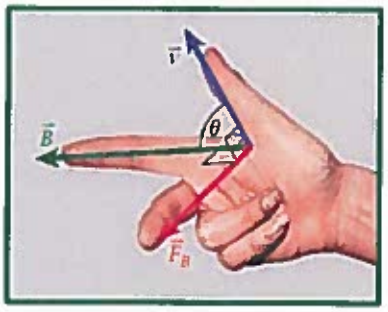
❖ اتجاه (F) يعامد كلاً من اتجاهي (B) و(v) وليس شرطاً (B) يعامد (v).

استنتاجات مهمة من خلال القانون السابق :

1. تنعدم القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم الموجود في المجال المغناطيسي إذا

a. الجسيم غير مشحون. b. إذا كان ساكن C. الزاوية (صفر أو 180)

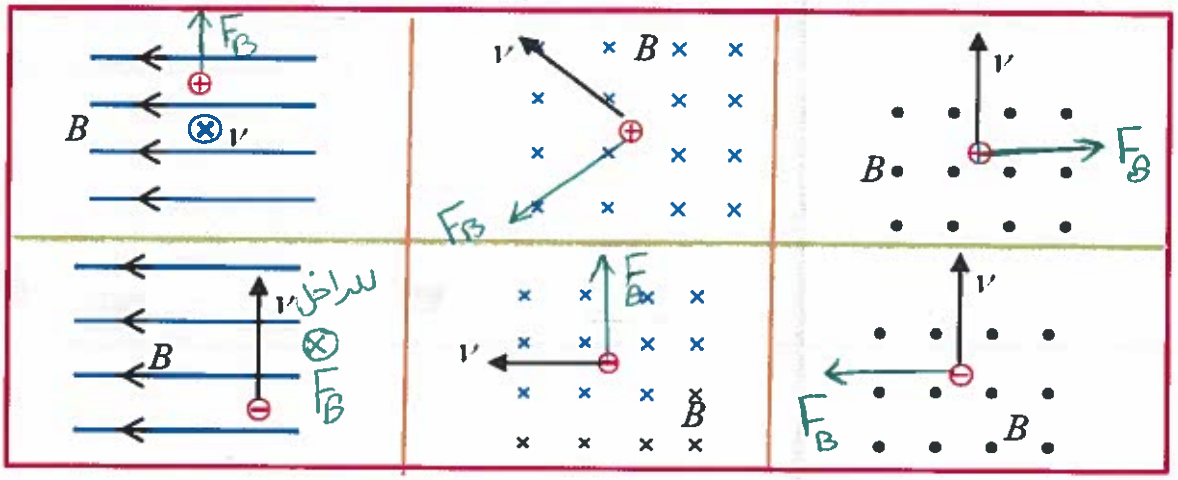
2. تكون القوة المغناطيسية أكبر ما يمكن (قيمة قصوى) عندما تتعامد السرعة مع متجه المجال المغناطيسي $(\text{for } \vec{v} \perp \vec{B})$.



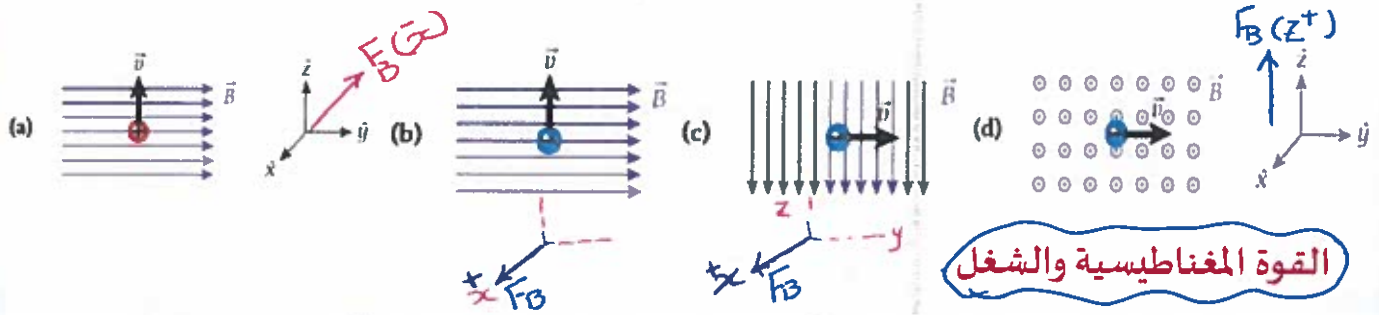
اتجاه القوة : يُحدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة موجبة يتحرك داخل المجال حسب القاعدة الاولى لليد اليمنى وحسب الشكل المجاور

ملاحظة : إذا كان الجسيم سالب الشحنة تكون القوة بالاتجاه المعاكس .

أمثلة تدريبية على قاعدة اليد اليمنى الأولى (تشمل الشحنات الموجبة والسالبة)



7.13 ارسم القوة المغناطيسية المؤثرة في كل الجسيمات المتحركة الموضحة في الأشكال على النظام الإحداثي xyz وحدد اتجاهها



القوة المغناطيسية والشغل

بحسب الملاحظة اتجاه (F) يعامد كلاً من اتجاهي (B) و(v) وليس شرطاً (B) يعامد (v).

فستكون القوة دائماً عمودية على اتجاه السرعة لذلك فإنها لن تبذل شغلاً على الجسم أثناء حركته في المجال لانها غير قادرة على تغيير السرعة وبالتالي الطاقة الحركية ستبقى ثابتة وتغيرها صفر .

$$w = F.d\cos\theta = \Delta K.E = 0$$

علل : تبقى طاقة حركة وسرعة الجسيمات المشحونة ثابته عند تحركها في المجال المغناطيسي .

F_B بتعاجب مع v فتكون الشغل صفر وعليه $(w=\Delta K=0)$ فتكون ΔK و v (السرعة) ثابتان.

وحدات قياس شدة المجال المغناطيسي

$$B = \frac{FB}{q.v} = \frac{N}{C.m/s} = \frac{N.s}{C.m}$$

$$1T = \frac{N.s}{C.m} \quad \frac{1}{A} \qquad 1T = \frac{N}{A.m}$$

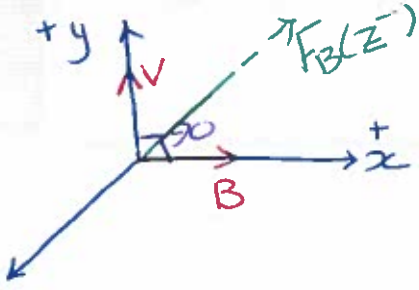
$$i = \frac{q}{t} \qquad A = \frac{C}{S} \qquad \frac{1}{A} = \frac{S}{C}$$

F_B دائماً $\perp$ v لذا

فان F_B عمودية على d المسافة

$w = F.d\cos\theta = 0$ ، $\theta = 90$

7.24 يتحرك بروتون بسرعة 4.00×10^5 m/s في اتجاه Y الموجب فدخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً مقداره 0.400 T ويؤثر في اتجاه X الموجب . احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون .



$$F_B = qvB\sin\theta$$
$$= 1.6\times10^{-19}\times4\times10^5\times0.4\sin90$$
$$= 2.56\times10^{-14}\ N$$

باتجاه $(-Z)$

7.25 مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم شحنته $-2e$ ويتحرك بسرعة $v = 1.00 \cdot 10^5$ m/s هو 3.00×10^{-18} N . ما مقدار مركّبة المجال المغناطيسي B العمودية على اتجاه حركة الجسيم؟

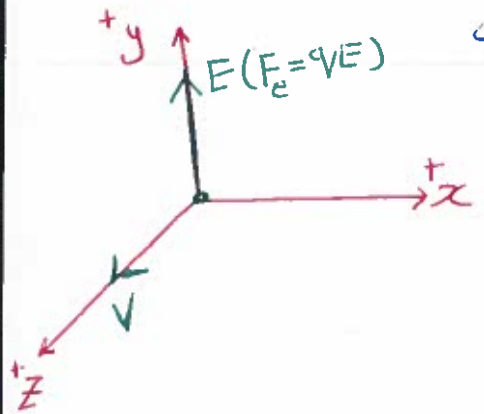
$F_B = |q|vB\sin\theta$ ، $\theta = 90$

$$B = \frac{F_B}{|q|v\sin\theta} = \frac{3\times10^{-18}}{2\times1.6\times10^{-19}\times1\times10^{5}}$$

$$= 9.38\times10^{21}\ T$$

7.26 يتحرك جسيم مشحون شحنته $+10.0\mu C$ بسرعة 300.0 m/s في إتجاه Z الموجب .

a) أوجد أقل مقدار للمجال المغناطيسي اللازم للحفاظ على حركة الجسيم في مسار مستقيم بسرعة ثابتة إذا كان هناك مجال كهربائي منتظم قدره 100 V/m يؤثر في اتجاه Y الموجب .



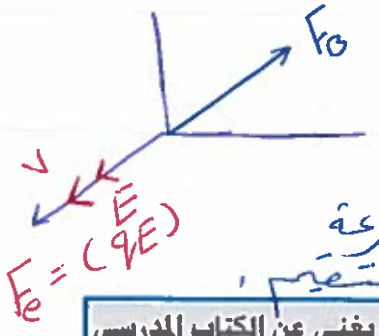
* لكي تكون السرعة ثابتة يجب أن تكون $F_{net} = 0$ وبجب أن تتواجد قوى مساوية لـ F_e وتعاكسها في الإتجاه هي F_B على محور $(-y)$

التعجيل = صفر
$a = 0$

$$F_e = F_B$$
$$qE = qvB$$
$$B = \frac{E}{V} = \frac{100}{300} = 0.33\ T$$

باتجاه $(-x)$

b) أوجد أقل مقدار للمجال المغناطيسي اللازم للحفاظ على حركة الجسيم في مسار مستقيم بسرعة ثابتة إذا كان هناك مجال كهربائي منتظم قدره 100 V/m يؤثر في اتجاه Z الموجب .



$F_B \parallel V$ وهذا لا يجوز لذلك لا يوجد حل ويبقى الجسم متحركاً بسرعة ثابتة وبخط مستقيم .

$F_{net} = 0$

$\Rightarrow F_B$ معاكس F_e

إذا F_B على محور Z^+

مسألة محلولة 7.1 أنبوب أشعة الكاثود

المسألة

افترض أنبوب أشعة كاثود مماثلاً للموضح في الشكل 7.11. في هذا الأنبوب، يعمل فرق الجهد $\Delta V = 111\ V$ على إكساب الإلكترونات عجلة أفقية (بدءاً من وضع السكون) في مدفع إلكترونات. كما هو موضح في الشكل 7.14a، يحتوي مدفع الإلكترونات على فتيل محلل بمادة خاصة تنبعث منه الإلكترونات عند تسخينه. ويتحكم الكاثود سالب الشحنة في عدد الإلكترونات المنبعثة. ثم يقوم الأنودان موجبا الشحنة بتركيز الإلكترونات وإكسابها عجلة لتتحرك في شكل حزمة من الإلكترونات. فتتحرك هذه الحزمة من الأنودين في اتجاه لوحين يعملان على انحراف حزمة الإلكترونات أفقيًا ورأسيًا. إذا كان أمام مدفع الإلكترونات مجال مغناطيسي منتظم شدته $B = 3.40 \cdot 10^{-4}\ T$ يتجه إلى أعلى عموديًا على السرعة المتجهة الابتدائية للإلكترونات، فما مقدار العجلة التي تكتسبها الإلكترونات بسبب تأثير المجال المغناطيسي؟ (كتلة الإلكترون تساوي $9.11 \times 10^{-31}\ kg$).

الشكل 7.14 (a) أنبوب أشعة الكاثود. (b) إلكترونات متحركة بسرعة متجهة $\vec{v}$ تدخل مجالاً مغناطيسيًا ثابتًا.

F_B نحو الداخل ⊗

الحل

$$F_B = qvB\sin\theta = ma$$

$$a = \frac{qvB}{m}$$

لإيجاد السرعة (v)

$$\Delta K = q\Delta V$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V$$

$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6\times10^{-19} \times 111}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

$$= 6.24 \times 10^{6}\ m/s$$

$$= \frac{1.6\times10^{-19} \times (6.24\times10^{6}) \times 3.14\times10^{-4}}{9.11 \times 10^{-31}}$$

(ثابت) (ثابت)

$$a = 3.73 \times 10^{14}\ m/s^2$$

العجلة كبيرة جداً لأن كتلة الإلكترون صغيرة جداً.

مراجعة المفاهيم 7.1

في أي اتجاه سينحرف الإلكترون الموضح في الشكل 7.14b عند دخوله مجالاً مغناطيسيًا ثابتًا؟

a) إلى داخل الصفحة
b) إلى خارج الصفحة
c) إلى أعلى
d) إلى أسفل
e) لن ينحرف الإلكترون

للتذكير:

العلاقة بين طاقة الحركة والسرعة وطاقة الوضع بفرق الجهد الكهربائي

$$\Delta K + \Delta U = \frac{1}{2}mv^2 + q\Delta V = 0$$

القانون الثاني لنيوتن هو $F_{net} = ma$. (لنفس الإتجاه إذا كانت قيم موجبة)

العلاقة بين المجال الكهربائي والقوة الكهربائية الناشئة عنه $\vec{F} = q\vec{E}$

MR Osama Alnahawi

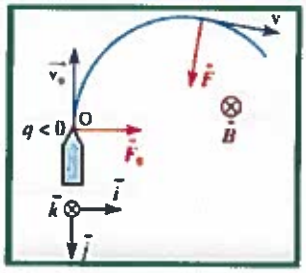
7.3 حركة الجسيمات المشحونة في مجال مغناطيسي

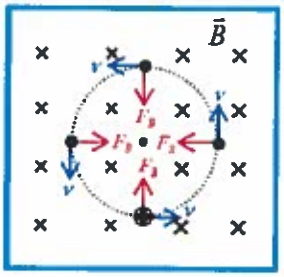
1 إذا تحرك جسيم مشحون بسرعة متجهه ثابتة عموديا على مجال مغناطيسي منتظم فإنه يسلك مساراً دائرياً ؟ لماذا ؟

$F_c = m a_c$ (قوة مركزية، تسارع مركزي) $\quad a_c = \frac{v^2}{r}$

لأن الجسيم يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية وثابته على إتجاه سرعته تعمل كقوة مركزية (F_C)

تحسب من العلاقة $F_C = \frac{m v^2}{r}$ والتي تساوي قوة المجال المغناطيسي ($F_B = F_C$)





$F_B = F_C$

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

$r = \frac{mv}{|q|B}$

لاحظ من الأشكال السابقة أن السرعة دائما مماس للمسار الدائري وأن اتجاه (F_B) دائماً باتجاه المركز .

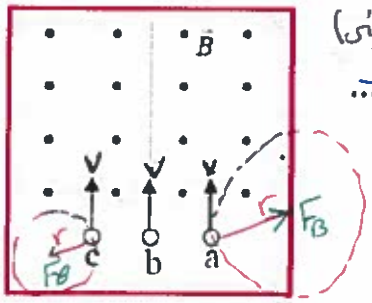
وكما درسنا سابقاً فان الزخم (كمية الحركة) $P = m v$ يمكن كتابة المعادلة بالصيغة التالية

$Br = \frac{p}{|q|}$ (مجال مغناطيسي (T)، نصف قطر (m)، زخم (kg m/s)، شحنة (C))

العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار :

1) كتلة الجسيم ($r \propto m$) 2) سرعة الجسيم ($r \propto v$) 3) شحنة الجسيم ($r \propto \frac{1}{q}$) 4) المجال المغناطيسي ($r \propto \frac{1}{B}$)

مثال : أدخلت ثلاث شحنات بالسرعة نفسها في مجال مغناطيسي منتظم فتابعت سيرها كما هو مبين بالشكل



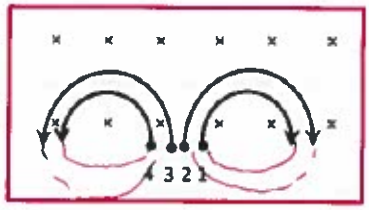
1. حدد نوع شحنة كل جسيم . (نطبق قاعدة اليد اليمنى)

A ..... موجب ..... b ..... معدوم ..... c ..... سالب .....

$q_b = 0$

2. إذا علمت أن الجسيمات الثلاث لها نفس الكتلة فقارن بين شحناتها .

$r = \frac{m v}{q B}$ (m ثابتة، v ثابتة، B ثابت) $\Rightarrow r \propto \frac{1}{q} \Rightarrow q_a < q_c$

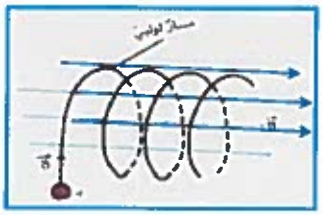


4 جسيمات متساوية في كل من الشحنة والسرعة أدخلت مجالاً مغناطيسياً منتظماً فاتخذت المسارات المبينة في الشكل . الجسيم الذي يحمل شحنة سالبة وله أكبر كتلة هو . ..... 2 .....

$m = \frac{|q| B r}{v}$ ↑ (أكبر نصف قطر)

نطبق قاعدة اليد اليمنى الأولى

MR Osama Alnahawi



2 إذا لم يكن إتجاه السرعة عموديا وكان يميل بزاوية على إتجاه المجال فإن مسار الشحنة سيكون لولبياً . علل ؟

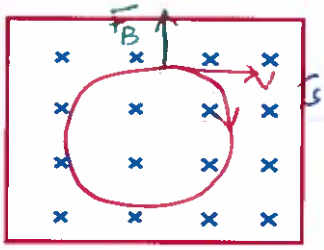
لانه سيكون للسرعة مُركبة توازي المجال تُحرك الجسيم في مسار مستقيم ومُركبة تعامد المجال تُحرك الجسيم في مسار دائري .

3 إذا كان اتجاه السرعة يوازي اتجاه المجال فإن مسار الشحنة يكون مستقيماً .

مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(0.20T)$ يؤثر في اتجاه عمودي على الصفحة إلى الداخل كما في الشكل :

1) أرسم في الإطار المجاور مسار جسيم مشحون بشحنة سالبة عند قذفه عمودياً على المجال وينطبق متجه سرعته على مستوى الصفحة وحدد على المسار اتجاه الحركة .

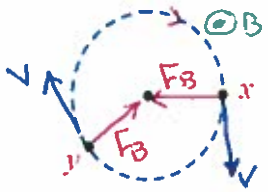
2) احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الإلكترون إذا قذف بسرعة $(3\times10^{4}\,m/s)$ عمودياً على المجال



إتجاه F_B سيكون بعيداً عن المركز لان الشحنه سالبة و بالتالي ستكون v مع عقارب الساعه

$$F = qVB\sin\theta$$
$$= 1.6\times10^{-19}\times3\times10^{4}\times0.20\sin90 = 9.6\times10^{-16}\,N$$

يتحرك بروتون $(q=1.6\times10^{-19}\,C)$ $(m=1.67\times10^{-27}\,Kg)$ في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $(0.25T)$ على مسار دائري في اتجاه عقارب الساعة بسرعة مماسية مقدارها $(2.8\times10^{5}\,m/s)$:



1) حدد على الشكل اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه السرعة والقوة المغناطيسية عند (x) و (y) .

لـ خارج الصفحة

2) احسب القوة المركزية

$$F_c = F_B = qVB\sin\theta = 1.6\times10^{-19}\times2.8\times10^{5}\times0.25$$
$$= 1.12\times10^{-14}\,N$$

3) إذا تضاعف المجال المغناطيسي إلى ثلاثة أمثال ماذا يطرأ على كل مما يلي مع تبرير الإجابة :

أ) القوة المغناطيسية ب) مقدار سرعة البروتون ج) نصف القطر .

$F_B \propto B$ — تزداد 3 أمثال

سرعة لا تتأثر

$r \propto \frac{1}{B}$ — يقل للثلث

4) إذا استبدل البروتون بإلكترون يتحرك بنفس السرعة ماذا يطرأ على كل مما يلي مع تبرير الإجابة علماً أن $(m_e \prec m_p)$:

أ) مقدار القوة المغناطيسية ب) اتجاه الدوران ج) نصف القطر .

لا تتأثر مقدارا

تنعكس اتجاه الدوران لان الشحنه سالبة

$r \propto m$ — يقل .

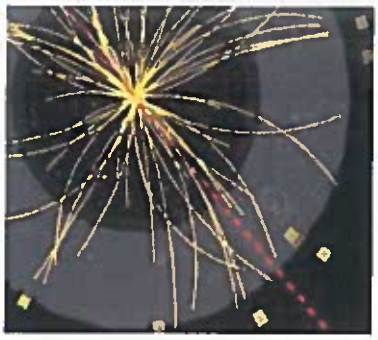
MR Osama Alnahawi

مثال 7.1 كمية الحركة المستعرضة للجسيم المشحون كما تم رصدها بجهاز الكشف (أطلس)

يوضح الشكل 7.18 مسار حركة أحد الجسيمات المشحونة من الشكل 7.17a. نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه هذا الجسيم هو $r = 2.300\ \text{m}$. وشدة المجال المغناطيسي في حجرة الإسقاط الزمني هي $B = 0.5000\ \text{T}$. وسنفترض أن شحنة الجسيم $|q| = 1.602177 \times 10^{-19}\ \text{C}$.

المسألة

ما مركّبة كمية حركة الجسيم العمودية على المجال المغناطيسي؟



الشكل 7.18 دائرة تطابق مسار أحد الجسيمات المشحونة الناتجة عن تصادم بروتونين معًا داخل جهاز الكشف أطلس في مختبر الأبحاث النووية (سيرن) الموضح في الشكل 7.17a.

$$Br = \frac{p}{q}$$

$$p = Brq = 0.5 \times 2.3 \times 10 \times 10^{-19}$$

$$p = 1.8 \times 10^{-19}\ \text{kg m/s}$$

مثال 7.2 الرياح الشمسية والمجال المغناطيسي للأرض

ناقشنا في القسم 7.1 حزامي فان ألين الإشعاعيين اللذين يحصران الجسيمات المنبعثة من الشمس. تُطلق الشمس ما يقرب من مليون طن من المادة إلى الفضاء كل ثانية. وتتكوّن هذه المادة في معظمها من بروتونات تتحرك بسرعة $400\ \text{km/s} \times 10^3$ تقريبًا.

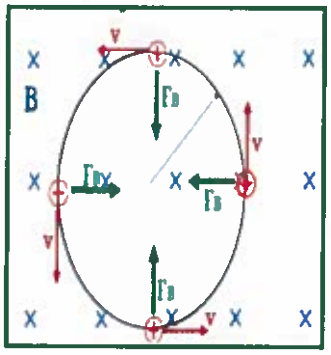
المسألة

إذا كانت البروتونات المنبعثة من الشمس تسقط عموديًا على المجال المغناطيسي للأرض (الذي يبلغ مقداره $50.0\ \mu\text{T} \times 10^{-6}$ عند خط الاستواء). فما نصف قطر مدار البروتونات؟ كتلة البروتون تساوي $1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg}$.

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

$$= \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 400 \times 10^3}{1.6 \times 10^{-19} \times 50 \times 10^{-6}}$$

$$= 83.5\ \text{m}$$



تردد المسرع الدوراني:

إذا أكمل الجسيم دورة كاملة (محيط الدائرة ويساوي $2\pi r$) داخل المجال المغناطيسي المنتظم . فإن الزمن الدوري اللازم لإتمام دورة كاملة هو : $T = \frac{2\pi r}{v}$

السرعة $= \frac{d}{t}$

وبتعويض قيمة r بـ $r = \frac{mv}{|q|B}$.

نحصل على قانون الزمن الدوري للمسرع الدوراني وهو : $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$

الزمن اللازم لإتمام دورة كاملة

التردد (f) لحركة جسيم مشحون تساوي معكوس الزمن الدوري $f = \frac{1}{T} = \frac{|q|B}{2\pi m}$.

وحدته HZ

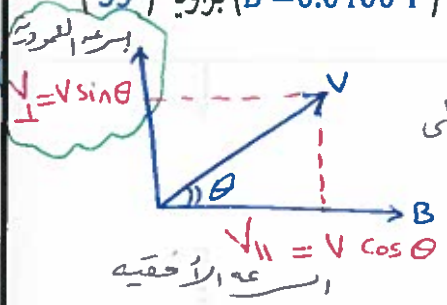
السرعة الزاوية (ω) هي معدل تغير الزاوية مع الزمن $\omega = 2\pi f = \frac{|q|B}{m}$.

وحدتها HZ

ملاحظة مهمة جداً جداً :

التردد f والسرعة الزاوية ω لا ترتبطان بسرعة الجسيم إذا لا يرتبطان بالطاقة الحركية للجسيم .

س30) إلكترون سرعته ($v = 4.0 \times 10^5$ m/s) دخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً مقداره ($B = 0.0400$ T) بزاوية (35^0)



بالنسبة لخطوط المجال . أجب عما يلي :

1) صف شكل المسار ؟ برر إجابتك ؟ لولبي . لان القوة ستؤثر على المركبة الرأسية للسرعة فتحركها بمسار دائري اما $V_{//}$ فتحركها بخط مستقيم لذلك ينتج المسار اللولبي .

2) احسب نصف قطر المسار ؟

3) احسب المسافة التي سيتحركها الإلكترون إلى الأمام بعد إكمال دورة واحدة ؟

2) $r = \frac{m V_\perp}{qB}$ ← هي المسبب للحركة الدائرية

لمسار دائري $r = \frac{9.11\times10^{-31} \times 4\times10^5 \sin35}{1.6\times10^{-19} \times 0.04} = 3.2\times10^{-5}$ m .

3) $d = V_{//} \cdot t$ (المسافة = سرعة الأفقية × الزمن)

$= V\cos\theta \cdot T$

$= 4\times10^5 \cos35 \times 8.9\times10^{-10}$

$= 2.93\times10^{-4}$ m .

نحسب T

$T = \frac{2\pi m}{qB}$

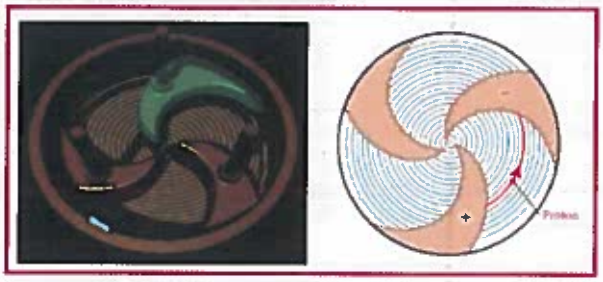
$= \frac{2\pi \times 9.11\times10^{-31}}{1.6\times10^{-19}\times0.04} = 8.9\times10^{-10}$ (s)

MR Osama Alnahawi

$1eV = 1.6\times10^{-19}\,J$

مثال 7.3 طاقة المسرع الدوراني

ما الطاقة الحركية، بوحدة الميجا إلكترون فولت (MeV)، لبروتون يخرج من مسرع دوراني نصف قطره $r = 1.81\ m$. إذا كان المجال المغناطيسي للمسرع الدوراني مجالًا منتظمًا مقداره $B = 0.851\ T$؟ كتلة البروتون تساوي $1.67\times10^{-27}\ kg$.



$KE = \frac{1}{2}mV^2$

$= \frac{1}{2}\times1.67\times10^{-27}\times(1.48\times10^{8})^2 = 1.8\times10^{-11}\,J$

للتحويل من J الى eV نقسم على 1.6×10^{-19} ثم للتحويل الى MeV نقسم على 10^6

$KE = 112.5\ MeV$

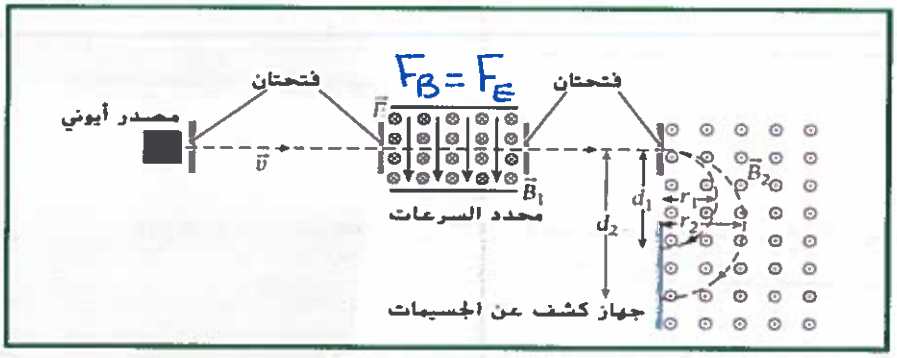
$r = \frac{mV}{qB} \Rightarrow V = \frac{qBr}{m}$

$V = \frac{1.6\times10^{-19}\times0.851\times1.81}{1.67\times10^{-27}} = 1.48\times10^{8}\ m/s$

مطياف الكتلة : هو أحد تطبيقات حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي .

من أهم استخداماته :

1. يسمح بتحديد الكتل الذرية والجزيئية للمواد بشكل دقيق .
2. مفيد في عملية التأريخ الكربوني .
3. تحليل المركبات الكيميائية غير المعروفة



عمله :

$F = qE$ (شحنه + تسقط باتجاه)

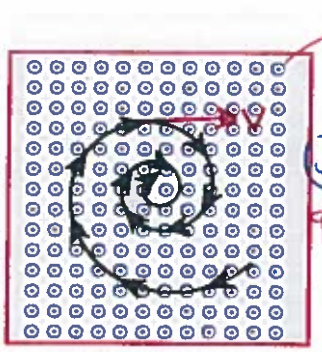
1. يعمل عن طريق تأيين الذرات أو الجزيئات لدراستها وتسريع حركتها عبر جهد كهربائي .
2. تمرر الأيونات من خلال محدد سرعات (يحتوي مجالين كهربائي ومغناطيسي) يسمح بمرور أيونات ذات سرعات محددة فقط والتي تجعل القوتين $(F_B = F_E)$ ويمنع مرور باقي الأيونات .
3. العلاقة بين المجال الكهربائي والمغناطيسي في مطياف الكتلة وسرعة الايونات فيه هي $v = \frac{E}{B}$
4. تدخل الأيونات بعد ذلك الى منطقة مجال مغناطيسي منتظم وفيه يتم تحديد نصف قطر إنحناء مدار كل أيون من خلال المعادلة

$$r = \frac{mv}{|q|B}$$

* إذا كانت الأيونات أحادية الشحنة فإن نصف قطرها سيتناسب طردياً مع كتلة الأيون .

MR Osama Alnahawi

سؤال الاختبار الذاتي 7.2



مجال مغناطيسي موجه الى خارج الصفحة ويتحرك جسيم مشحون في مستوى الصفحة كما توضح الأسهم في الشكل .

a) هل شحنة الجسيم موجبة أم سالبة ؟ ..... موجبة (قاعدة اليد اليمنى الأولى)

b) هل تقل سرعة الجسيم .أم تزداد . ام تبقى ثابتة ؟..... تقل ($qBr = mV$)

c) هل يبذل المجال المغناطيسي شغلاً على الجسيم ؟ $F \perp V(d)$

لا ، يجب أن يكون هناك قوة أخرى تؤثر في الجسم لتقلل من سرعته .

7.29 بروتون يتسارع من السكون بفرق جهد 400V وعندما دخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً سلك مساراً دائرياً نصف قطره 20.0cm أوجد مقدار المجال المغناطيسي ؟

$B = \frac{mV}{qr}$

$= \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 2.8 \times 10^{5}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.2}$

$= 0.015\,T$

$V = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 400}{1.67 \times 10^{-19}}}$

$= 2.8 \times 10^{5}\ m/s$

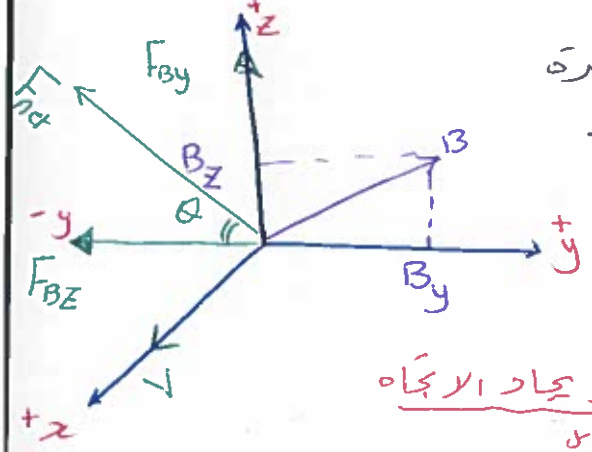
لحساب V

$\Delta K = q\Delta V$

$\frac{1}{2}mV^2 = q\Delta V$

$V = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$

7.27 يتحرك جسيم شحنته 20.0μc على امتداد المحور X بسرعة 50.0 m/s فدخل مجالاً مغناطيساً مقداره ($\vec{B} = 0.300\hat{y} + 0.700\hat{z}$) بوحدة التسلا . أوجد القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم مقداراً واتجاهاً .



* B_y عمودي على V لذلك فانه وحسب قاعدة اليد اليمنى ستكون F_{By} على محور $+z$

* B_z عمودي على V لذلك فإن F_{BZ} ستكون على محور $-y$

لإيجاد المقدار

$F_{net} = \sqrt{(F_{By})^2 + (F_{Bz})^2}$

$= qV\sqrt{B_y^2 + B_z^2}$

$= 20 \times 10^{-6} \times 50 \times \sqrt{(0.3)^2 + (0.7)^2}$

$= 7.6 \times 10^{-4}\,N$

لإيجاد الاتجاه

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_{By}}{F_{Bz}}\right)$ ← المقابل / المجاور

$= \tan^{-1}\left(\frac{qVB_y}{qVB_z}\right)$

$\tan^{-1}\left(\frac{0.3}{0.7}\right)$

$\theta = 23.2^{\circ}$

MR Osama Alnahawi

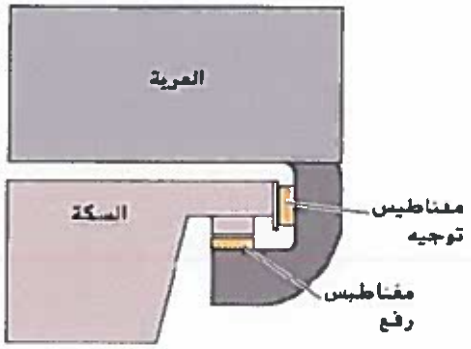
الرفع المغناطيسي :

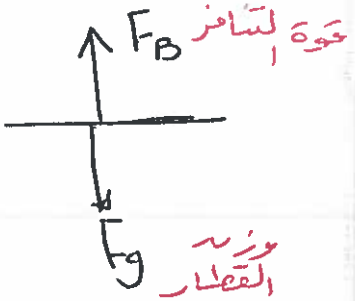
من أحد التطبيقات للقوة المغناطيسية هو **الرفع المغناطيسي** وفيه يحدث التوازن بين **القوة المغناطيسية** المؤثرة في جسم **لأعلى** و**قوة الجاذبية** المؤثرة **لأسفل** (لتحقيق اتزان سكوني دون الحاجة إلى ملامسة الأسطح لبعضها بشكل مباشر)

تشكل قوة التنافر بين الأقطاب المغناطيسية **المتشابهة** قوة هائلة يمكن استخدامها في رفع الأجسام الثقيلة , وقد استخدم العلماء هذه الظاهرة في المصانع والورش لعمل ممرات مغناطيسية خاصة للنقل وتحريك المعدات الثقيلة بسهولة تامة بدل من السيور المتحركة .

لقد ذهب العلماء لأبعد من ذلك حيث استخدم هذا المبدأ فى **تسيير قطارات** سريعة تسبح فى الهواء ولا تسير على قضبان حديدية

- يوجد في هذه القطارات مغناطيسات متساوية القوى المغناطيسية على السكة وعلى جانبي أسفل القطار تؤدي إلى إحداث قوة تنافر بينهما تستطيع رفع القطار وإبقائه معلقاً في الهواء فوق السكة الحديدية أثناء السير بحوالى (15.0 cm) .





$F_B = F_g$
اتزان

مراجعة المفاهيم 7.2

لو لم يعمل المجال المغناطيسي للأرض على انحراف الأشعة الكونية، لغمرت سطح الأرض باستمرار. بالنظر إلى الأرض على أنها ثنائي قطب مغناطيسي تقريبًا (انظر الشكل 7.6)، تكون شدة الأشعة الكونية الساقطة على سطحها أكبر ما تكون عند:

(a) القطبين الشمالي والجنوبي.

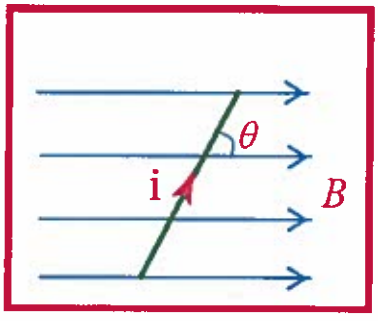
b) خط الاستواء.

c) خطوط العرض المتوسطة.

7.4 القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يمر فيه تيار كهربائي مستمر

يحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يحمل تيار مستمر بالعلاقة التالية :

$$F_B = iLB\sin\theta$$



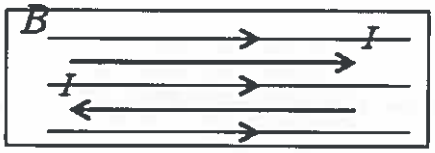
حيث **L** : الطول الفعال للسلك (الطول المغطى بالمجال).

i : شدة التيار المار في السلك .

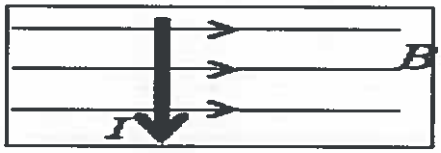
B : مقدار المجال المغناطيسي بوحدة التسلا T ، وهي تساوي 1N /A.m .

θ : هي الزاوية المحصورة بين شدة التيار والمجال المغناطيسي .

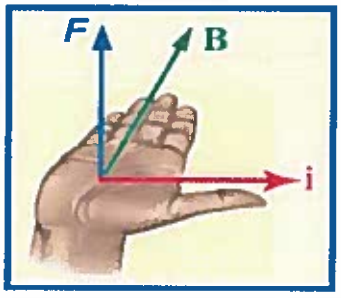
ملاحظات هامة



1 إذا كان السلك يوازي المجال تكون : ($\theta = 0 , 180^\circ$)
تنعدم القوة المغناطيسية ($F_B = 0$)



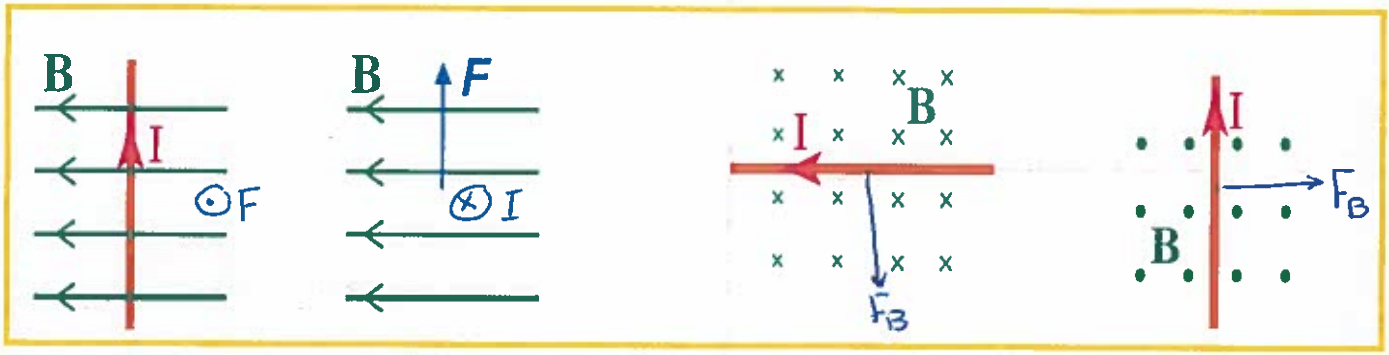
2 إذا كان السلك يعامد المجال تكون : ($\theta = 90^\circ$)
تكون القوة المغناطيسية أكبر ما يمكن ($F_B = F_{max}$)

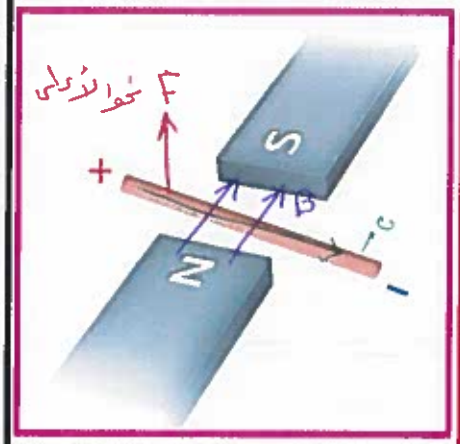


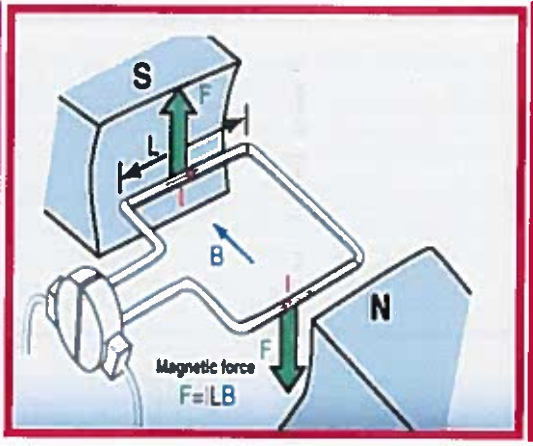
* اتجاه القوة : القاعدة الأولى لليد اليمنى .
(الإبهام مع التيار ، الأصابع مع المجال ، الخارج من باطن اليد باتجاه القوة (F_B))

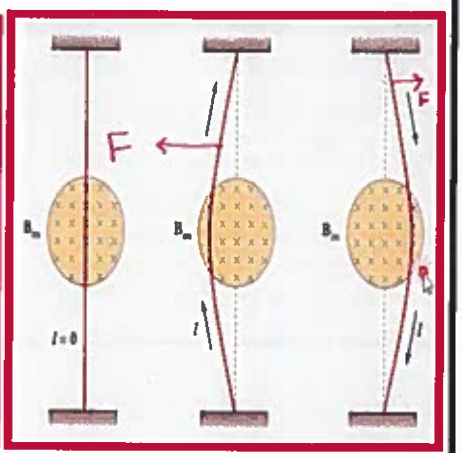
(اتجاه F يعامد كلاً من اتجاهي (B,I) وليس شرطاً أن يعامد التيار المجال)

أمثلة





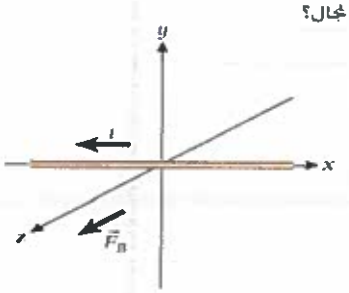




MR Osama Alnahawi

مراجعة المفاهيم 7.3

يوضح الشكل سلكًا يقع على امتداد المحور x يسري فيه تيار كهربائي، I، متدفقًا في الاتجاه x السالب. ويقع السلك في مجال مغناطيسي منتظم. وتؤثر القوة المغناطيسية، $\vec{F}_B$، في السلك في اتجاه z الموجب. إذا تم توجيه المجال المغناطيسي لتصبح القوة أكبر ما يمكن، فما اتجاه هذا المجال؟

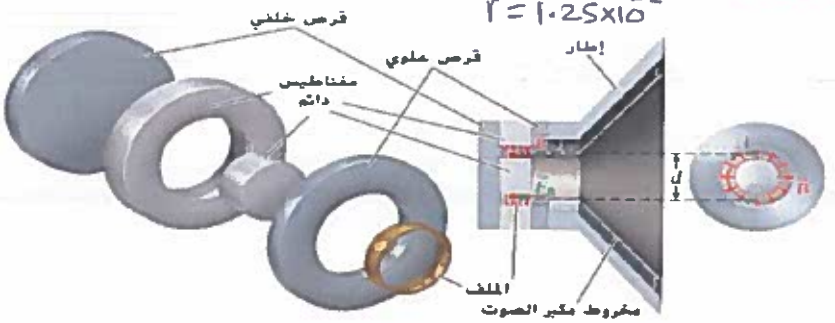


a) اتجاه y الموجب
b) اتجاه x السالب
c) اتجاه y السالب
d) اتجاه z الموجب
e) اتجاه z السالب

مثال 7.4 القوة المؤثرة في ملف مكبّر الصوت

ينتج مكبّر الصوت صوتًا عن طريق بذل قوة مغناطيسية على ملف صوت في مجال مغناطيسي. كما هو موضح في الشكل 7.25 يتصل الملف المتحرك بخروط مكبر الصوت المسؤول عن إنتاج الأصوات. ويتم إنتاج المجال المغناطيسي من خلال المغناطيسين الدائمين كما هو موضح. مقدار المجال المغناطيسي هو $B = 1.50\ T$ ويتكون الملف من $n = 100$ لفة من السلك يسري فيه تيار، $i = 1.00\ mA$. وقطر الملف هو $d = 2.50\ cm$.

$r = 1.25 \times 10^{-2}$



المسألة

ما مقدار القوة المغناطيسية التي يبذلها المجال المغناطيسي على الملف في مكبّر الصوت؟

$F_B = iLB\sin 90$

$= (1\times10^{-3})(7.85)(1.5)$

$F_B = 0.12\ N$

L طول

الطول هو محيط الملف × عدد اللفات

$L = (2\pi r) \times N$

$= (2\pi \times 1.25\times10^{-2}) \times 100 = 7.85\ m$

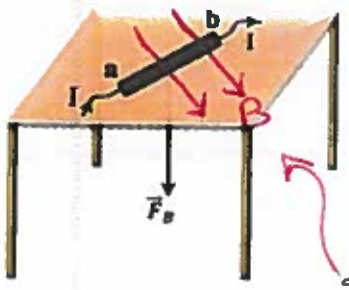
7.40 وضع سلك مستقيم طوله **2.00m** يسري فيه تيار **24.0A** على سطح طاولة أفقي في مجال مغناطيسي منتظم ويصنع السلك زاوية مقدارها **30.0** درجة مع خطوط المجال المغناطيسي. إذا كان مقدار القوة المؤثرة في السلك **0.500N** فما مقدار المجال المغناطيسي ؟

$$B = \frac{F_B}{iL\sin\theta} = \frac{0.5}{24 \times 2 \times \sin 30} = 0.021\ T$$

وضع موصل مستقيم (a ,b) طوله ($L=0.12\ m$) فوق سطح طاولة أفقي كما في الشكل المجاور وعندما مر فيه تيار مستمر شدته (6.0 A) تأثر بقوة مغناطيسية مقدارها (0.4 N) في اتجاه عمودي على سطح الطاولة نحو الأسفل .

* احسب أقل مقدار لشدة المجال المغناطيسي المنتظم الذي يؤثر في الموصل . وارسم على الشكل خطوطه

$\sin\theta = 1$



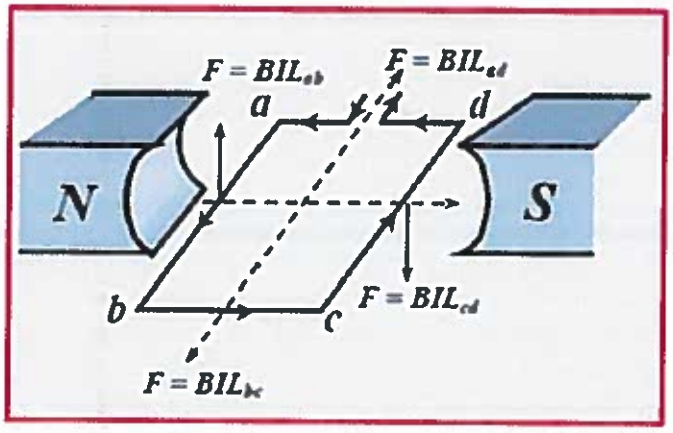
$$B = \frac{F_B}{iL} = \frac{0.4}{6 \times 0.12}$$

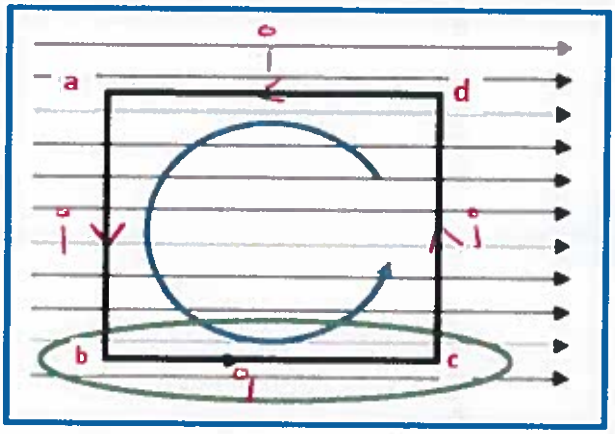
$= 0.56\ T$

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى "I" تكون B نحو

7.5 العزم المؤثر في حلقة يمر بها تيار مستمر

* تعتمد المحركات الكهربائية في عملها على القوة المغناطيسية المبذولة على سلك يسري فيه تيار





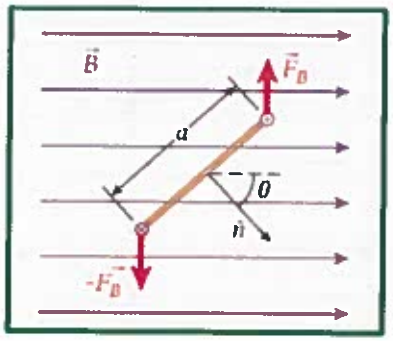
لكي نتمكن من تحديد إتجاه دوران الحلقة (a-b-c-d) تحت تاثير المجال المغناطيسي المؤثر عليها يجب تحديد إتجاه القوة على كل طرف من أطراف الحلقة .

1. حدد إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على التيار المار في الضلع (ab) ..نحو الأعلى.. ⊙
2. حدد إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على التيار المار في الضلع (bc) ..صفر.. ($\theta = 0$)
3. حدد إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على التيار المار في الضلع (cd) ..نحو الأسفل.. ⊗
4. حدد إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على التيار المار في الضلع (da) ..صفر.. ($\theta = 180^\circ$)
5. حدد محصلة القوة المؤثرة على الحلقة بالكامل ..لا يوجد محصلة.. (مجموع)

الاستنتاج :

1. * نتيجة لمرور التيار في الملف يتأثر جانبي الملف بقوتين مغناطيسيتين متعاكستين تولدان عزماً تجعل الملف يدور .
2. * لا يتأثر الضلعان الأفقيان للحلقة بأي قوة مغناطيسية (لأنهما موازيان للمجال المغناطيسي وبالتالي لا توجد قوة محصلة

يمكن حساب القوة المغناطيسية المبذولة على الضلعين الرأسيين للحلقة (ab-dc) من خلال المعادلة $F = i.L.B\sin\theta$



القوتان المغناطيسيتان F_B و $-F_B$ متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الإتجاه . تُنتج هاتان القوتان عزماً دورانياً يميل الى تدوير الحلقة حول المحور الراسي (y) .

ناتج جمع هاتان القوتان يساوي صفر فلا يتأثر الملف باي محصلة قوى على الرغم من العزم الناتج .

MR Osama Alnahawi

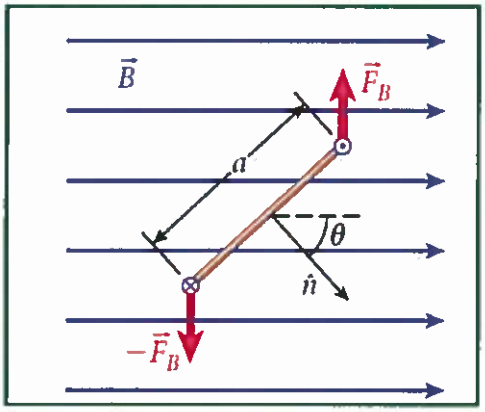
يمكن حساب القوة المغناطيسية المبذولة على الضلعين الرأسيين للحلقة (ab-dc) من خلال المعادلة $F= i.L.B\sin\theta$ وفي الشكل $L=a$ تصبح القوة $F=iaB\sin\theta$

والعزم المبذول على حلقة واحدة يحسب بالعلاقة $\vec{\tau}=\vec{r}\times\vec{F}$

$(\frac{a^2}{2})\,(iB)\sin\theta$ $\quad \tau_1=(iaB)\left(\frac{a}{2}\right)\sin\theta$

حيث (r) هي ذراع القوة وتساوي ($\frac{1}{2}$ a).

محصلة العزم المبذول حول مركز الحلقة : هو مجموع العزمين على الضلعين الرأسيين للحلقة المربعة وتشكل المساحة لها $(a^2=A)$



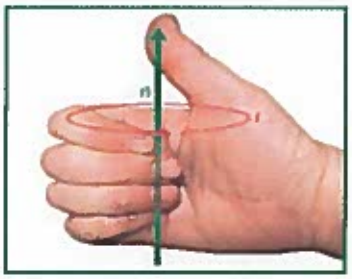
$$=ia^2B\sin\theta=iAB\sin\theta$$

$(\hat{n})$ تُمثل متجه الوحدة وهو العمودي على مستوى الملف والمجال.

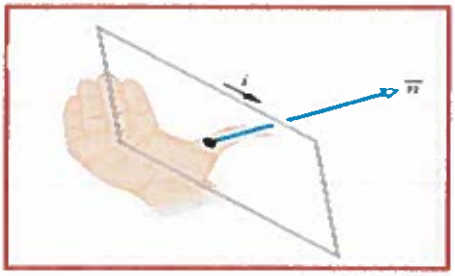
و (θ) الزاوية المحصورة بين العمودي على مستوى الملف وخطوط المجال .

❖ عند استبدال الحلقة بملف يتكون من عدة حلقات متصلة تماماً (N) ببعضها البعض فيكون العزم الناتج :

$$\tau=N\tau_1=NiAB\sin\theta.$$



القاعدة الثانية لليد اليمنى : عند إدارة أصابع اليد اليمنى في إتجاه سريان التيار في الحلقة فسيشير إبهامك الى اتجاه متجه الوحدة العمودي $(\hat{n})$ والذي هو إتجاه العزم المغناطيسي للحلقة .



ملاحظات عامة :

1. عزم الإزدواج المؤثر في ملف أكبر ما يمكن عندما يكون مستوى الملف موازياً للمجال المغناطيسي .
2. عزم الإزدواج المؤثر في ملف يساوي صفر عندما يكون مستوى الملف عمودياً مع المجال المغناطيسي .
3. يمكن تطبيق العلاقة على أي شكل من الملفات (مستطيل – دائري – لولبي) .

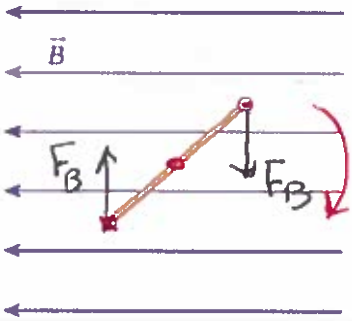
MR Osama Alnahawi

❖ لماذا لا تتوقف الحلقة عن الدوران عند $\theta=0.0$ ؟

السبب : تواجد ما يسمى عاكس التيار الذي يسبب تغير إتجاه التيار أثناء عملية دوران الملف . كل 180°

ويتكون من حلقة مقسومة الى نصفين متصلين بطرفي الحلقة ويغير التيار المار في الحلقة اتجاهه مرتين لكل دوران كامل للحلقة .

مراجعة المفاهيم 7.4



يوضح الشكل منظرًا علويًا لحلقة يسري فيها تيار وموضوعة في مجال مغناطيسي منتظم. سيؤدي العزم المؤثر في الحلقة إلى دورانها:

a) في اتجاه عقارب الساعة.

b) في عكس اتجاه عقارب الساعة.

c) لن تدور الحلقة.

7.11 يتكون ملف من حلقات دائرية نصف قطرها $r = 5.13\ \text{cm}$ و $N = 47$ لفة. ويتدفق تيار $i = 1.27\ \text{A}$ عبر الملف الموضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $0.911\ \text{T}$. ما أقصى عزم يؤثر في الملف نتيجة المجال المغناطيسي؟

$\tau = BiAN\sin\theta$

$= 0.911 \times 1.27 \times 8.3\times10^{-3} \times 47 \times 1$

$= 0.45\ \text{N.m}$

بحسب المساحة A

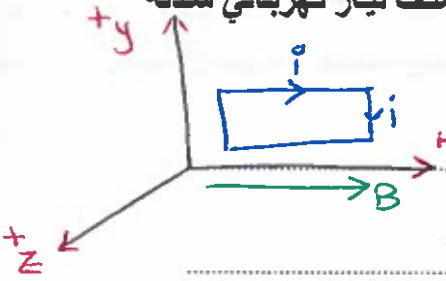
$A = \pi r^2$

$= \pi (5.13\times10^{-2})^2$

$= 8.3\times10^{-3}\ \text{m}^2$

a) 0.148 N m
b) 0.211 N m
c) 0.350 N m
d) 0.450 N m
e) 0.622 N m

ملف على شكل مستطيل ابعاده (0.2m,0.5m) ويتكون من 50 لفة موضوع على مستوى (xy) في مجال مغناطيسي اتجاهه باتجه المحور (x) شدته 0.5mT. يسري في الملف تيار كهربائي شدته (20mA) باتجاه عقارب الساعة.



a- ما اتجاه متجه الوحدة $(\hat{n})$ العمودي على مستوى الحلقة ..... حسب قاعدة اليد اليمنى إلى الشاشة Z

b- ما العزم الذي يجب تأثيره على الملف ليبقى مستقراً مكانه. $\tau = BiAN \Rightarrow$

$= 0.5\times10^{-3} \times 20\times10^{-3} \times (0.2\times0.5) \times 50$ (A)

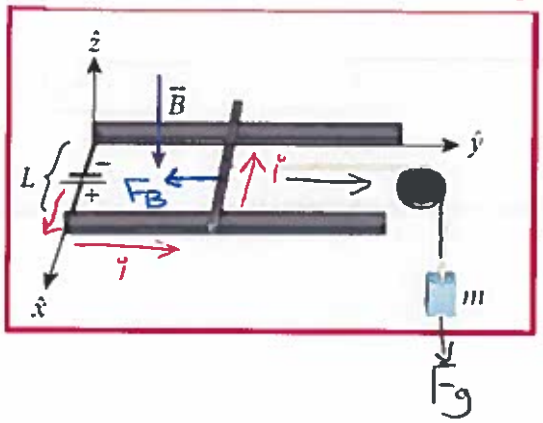
$= 5\times10^{-5}\ \text{N.m}$

لكي يستقر الملف بالحالة +Z

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

7.41) كما في الشكل المجاور يمكن أن ينزلق موصل مستقيم موازي للمحور (X) من دون احتكاك فوق ساق توصيل أفقيين موازيين للمحور (y) وتفصل بينهما مسافة ($L=0.2\ m$) في مجال مغناطيسي رأسي مقداره ($B=1.0T$) ويسري في الموصل تيار منتظم شدته ($20.0\ A$) . إذا ربط خيط في منتصف الموصل تماماً ومر فوقه بكرة عديمة الاحتكاك

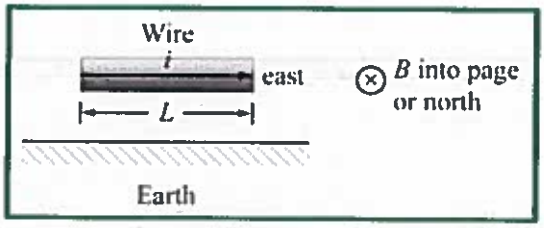
* ما مقدار الكتلة (m) التي تعلق في الخيط بحيث يكون الموصل في وضع السكون ؟



* بتطبيق قاعدة اليد اليمنى الأولى نحدد إتجاه F_B نحو اليسار ←
* ولكي يبقى الموصل متزن يجب أن تكون

$$F_B = F_g$$
$$iLB = mg$$
$$m = \frac{iLB}{g} = \frac{20\times0.2\times1}{9.81}$$
$$= 0.41\ kg$$

12.7) سلك نحاسي نصف قطره ($0.500\ mm$ $\times10^{-3}$) يسري فيه تيار عند خط الإستواء للأرض .



افترض أن المجال المغناطيسي للأرض يساوي ($0.500G$) عند خط الإستواء وموازٍ لسطح الأرض .وان التيار الساري في السلك يتدفق تجاه الشرق . فما التيار اللازم للسماح للسلك بالبقاء متزناً في الهواء .

* بتطبيق قاعدة اليد اليمنى الأولى نحدد اتجاه F_B فنكون له لأعلى حتى لا يسقط
* ولكي يبقى السلك متزن يجب أن يكون

$$F_B = F_g$$
$$iLB = mg$$
$$iLB = (\rho V)g$$
$$iLB = \rho\pi r^2 Lg$$
$$i = \frac{\rho\pi r^2 g}{B}$$
$$= \frac{8940\times\pi\times(0.5\times10^{-3})^2\times9.81}{5\times10^{-5}}$$
$$= 1377.6\ A$$

تلميح

$1T=10000\ G$ جاوس

$\rho_{cu}= 8940 kg/m^3$

$\rho=\frac{m}{V}$

* الحجم V : لسلك اسطواني
V = مساحة القاعدة × طوله
$= \pi r^2 \times L$
* للتحويل من G الى T نقسم على 10^4 فتصبح $B=5\times10^{-5}T$

MR Osama Alnahawi

7.6 عزم ثنائي القطب المغناطيسي

(μ) هو معامل ثنائي القطب ويستخدم لوصف خصائص الملف الذي يسري فيه تيار . وهو كميه متجهه تحتاج الى مقدار (μ=NiA) واتجاه (متجه الوحدة العمودي $(\hat{n})$ من خلال القاعدة الثانية لليد اليمنى) .

حيث (N) عدد لفات الملف ، (i) شدة التيار المار في الملف ، (A) مساحة الحلقة .

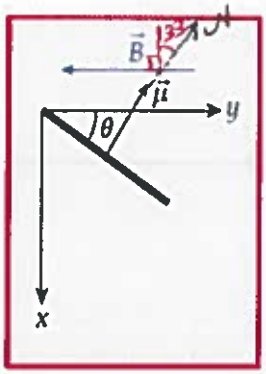
يمكن اعادة صياغة معادلة عزم القوة $\tau = (NiA)B\sin\theta = \mu B\sin\theta$

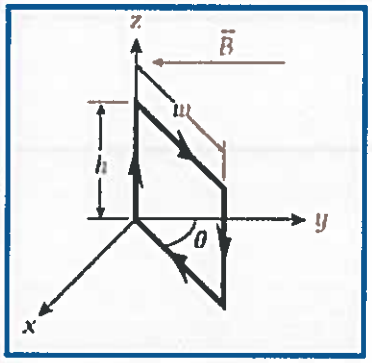
ويمكن ربط العزم مع عزم ثنائي القطب المغناطيسي بالعلاقة التالية $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$

وضعت حلقة مستطيلة طولها (h=6.50 cm) وعرضها (w=4.50 cm) في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (B=0.250 T) ويؤثر في اتجاه (y) السالب كما هو موضح بالشكل وتصنع الحلقة زاوية مقدارها (θ=33.0°) مع المحور (y) .

يسري تيار في الحلقة مقداره (i=9.0 A) في الاتجاه الموضح

ما مقدار العزم المؤثر في الحلقة حول المحور Z ؟





$\tau = BiAN\sin\theta$

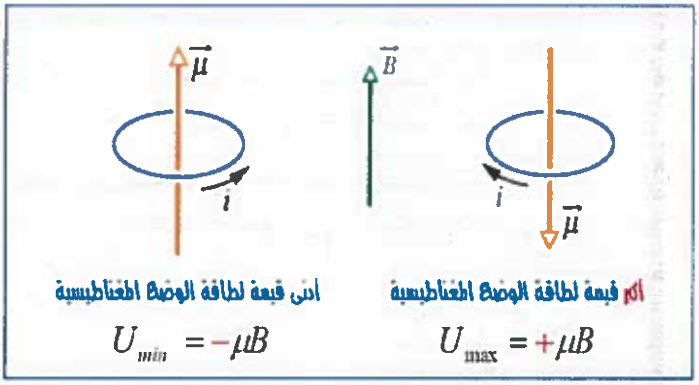
$= 0.25 \times 9 \times \left(\frac{6.5}{100} \times \frac{4.5}{100}\right) \sin(33^\circ)$

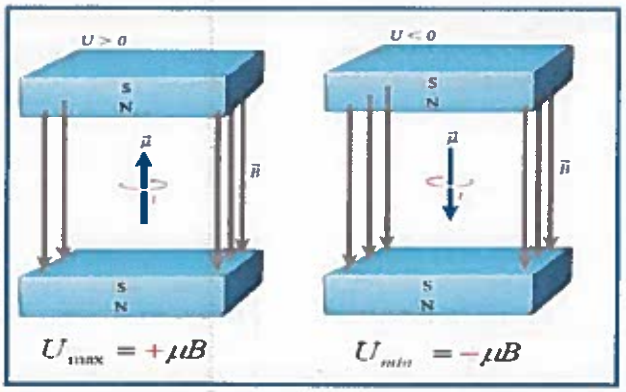
$= 5.5 \times 10^{-3}\ N.m$

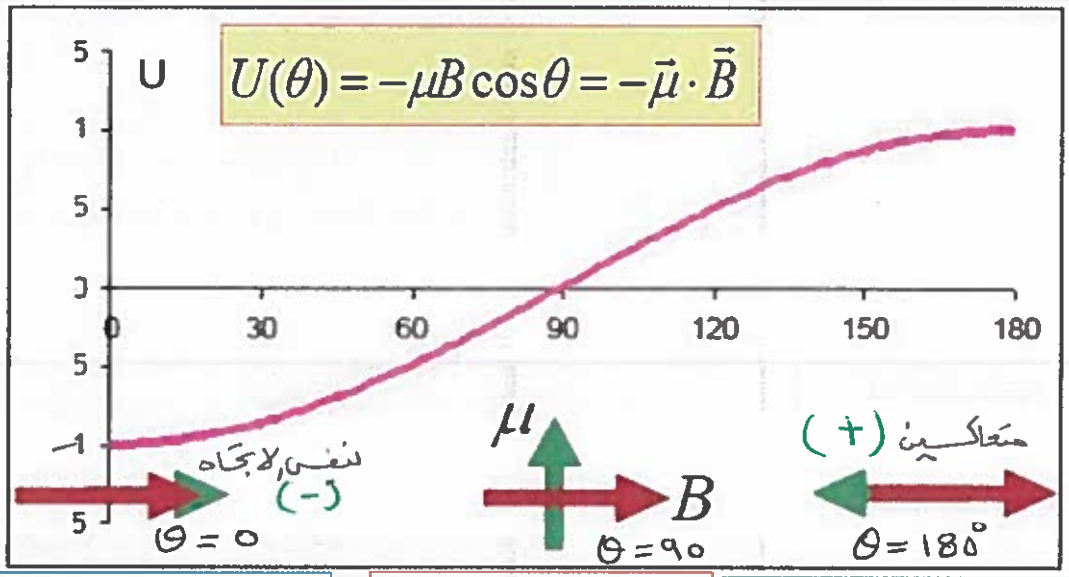
- عند وضع ثنائي القطب المغناطيسي في مجال مغناطيسي خارجي .سيكون له طاقة وضع (U)
- تصل طاقة الوضع المغناطيسية لثنائي القطب في المجال الخارجي أعلى قيمة لها (+μB) عندما يكون المتجهان متعاكسان .
- تصل طاقة الوضع المغناطيسية لثنائي القطب في المجال الخارجي أدنى قيمة لها (- μB) عندما يكون المتجهان متوازيان بنفس الإتجاه .
- طاقة الوضع المغناطيسية (U) لثنائي القطب المغناطيسي في مجال مغناطيسي خارجي $\vec{B}$

$$U(\theta) = -\mu B\cos\theta = -\vec{\mu}\cdot\vec{B},$$

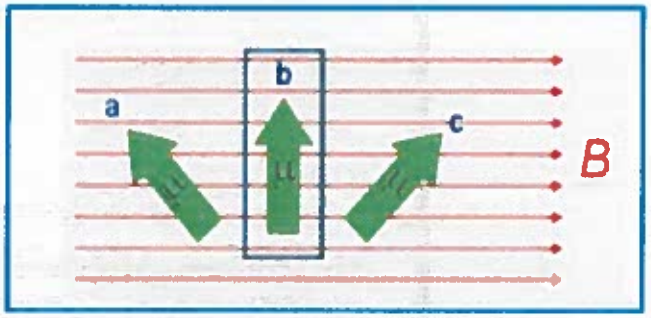
MR Osama Alnahawi







$U(0.0) = -\mu B\cos 0.0 = -\mu B$ | $U(90.0) = -\mu B\cos 90.0 = 0.0$ | $U(180.0) = -\mu B\cos 180.0 = +\mu B$



هناك **ثلاثة** اتجاهات لعزم ثنائي القطب المغناطيسي في مجال مغناطيسي كما في الشكل . رتب عزم الدوران المغناطيسي **تنازلياً** للمتجهات الثلاث .

$\mu_a < \mu_c < \mu_B$

سؤال الاختبار الذاتي 7.3

ما أقصى فرق في **طاقة الوضع** المغناطيسية بين إتجاهيين **مختلفين** لحلقة مساحتها $0.1m^2$ يمر بها تيار شدته 2.0A وموضوعة في مجال مغناطيسي مقداره 0.5T ؟

$\Delta U = U_{max} - U_{min}$

$= +\mu B - (-\mu B) = 2\mu B = 2(NIA)B$

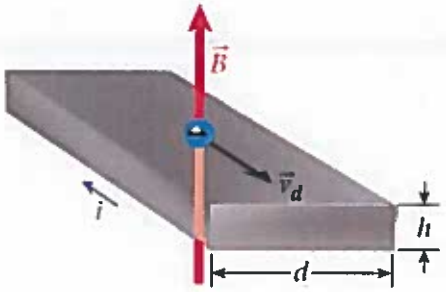
$= 2\times1\times2\times0.1\times0.5 = 0.2J$

MR Osama Alnahawi

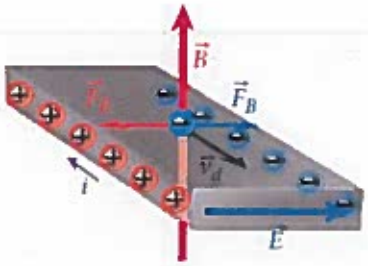
7.7 تأثير هول

هو ميل حاملات الشحنة (الموجبة أو السالبة) للإنزياح نحو أطراف الموصلات الكهربائية بسبب تعرضها لمجال مغناطيسي عمودي على حركتها .

شرح تأثير هول بالاستعانة بالاشكال المجاورة التي تمثل موصل يمر به تيار عمودي على المجال المغناطيسي .



1. تتحرك الألكترونات بالموصل بسرعة انسياق معاكسة لاتجاه التيار الاصطلاحي .
2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى سينتج قوة مغناطيسية (F_B) نحو يمين الموصل مما يؤدي الى تجميع الالكترونات على الحافة اليمنى وبالتالي الشحنات الموجبة على الطرف الايسر
3. ينتج عن هذا التجمع مجال كهربائي (E) من اليسار الى اليمين وقوة كهربائية (F_E) بالاتجاه المعاكس لانها مؤثرة على الكترون شحنته سالبة ($F_E=qE$).
4. عندما تتساوى ($F_B=F_E$) يتوقف انتقال الشحنات ولا يتغير مع مرور الزمن وتسمى هذة الحالة بحالة الاتزان . وينتج فرق جهد بين اللوحين يسمى فرق جهد هول



$$\Delta V_H = Ed$$

[يطلق على هذة النتيجة تاثير هول]

ملاحظة مهمة جداً جداً :

إذا كان جهد هول سالب فإن حاملات الشحنة الكهربائية تكون فجوات موجبة .

جهد هول موجب ← الكترونات

- يمكننا كتابة قانون جهد هول بالصيغة النهائية على الشكل التالي :

$$\Delta V_H = \frac{iB}{neh}$$

حيث : (i) التيار الكهربائي المار في الشريحة (الموصل)

(B) المجال المغناطيسي (e) شحنة الالكترون .

(h) سُمك الشريحة مع ملاحظة أن مساحة الشريحة (A=hd).

(n) عدد الالكترونات لوحدة الحجوم – كثافة الالكترونات أو ناقلات الشحنة .

MR Osama Alnahawi

7.57 يوضح الشكل رسما تخطيطيا لتركيب معد لقياس تأثير هول باستخدام طبقة رقيقة من اكسيد الزنك كثافته $1.50\mu m$ تبلغ شدة التيار المار $(i=12.3mA)$ ويصل جهد هول إلى $(V_H=-20.1mv)$ عندما يؤثر مجال مغناطيسي مقداره $(B=0.90\ T)$ عموديا علي التيار المتدفق.

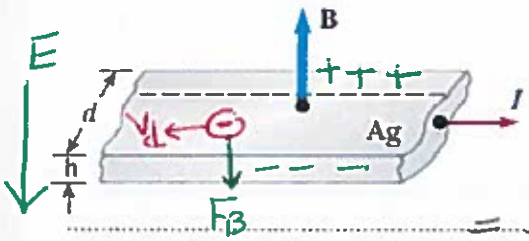
1. ما **ناقلات** الشحنة في الطبقة الرقيقة ؟ لان جهد هول سالب فان حاملات الشحنه موجبه - ثقوب -
2. **احسب** كثافة ناقلات الشحنة في الطبقة الرقيقة.

$$\Delta V_H = \frac{iB}{neh} \Rightarrow n = \frac{iB}{\Delta V_H eh}$$

$$= \frac{12.3\times10^{-3}\times 0.90}{20.1\times10^{-3}\times1.6\times10^{-19}\times1.5\times10^{-6}} = 2.3\times10^{24}\ \frac{\text{ثقب}}{m^3}$$

قطعة من الفضة سمكها $h=0.2mm$ استخدم في قياس تأثير هول فوضعت بمجال مغناطيسي اتجاهه كما بالشكل.فإذا كانت كثافة حاملات الشحنة بالفضة $n=7.44\times10^{28}m^{-3}$ ويمر بها تيار كهربائي شدته $i=20A$ وناتج من جهد هول ومقداره $\Delta V_H=15\mu V$

a-ما مقدار شدة المجال المغناطيسي التي تخضع لها قطعة الفضة؟



$$\Delta V_H = \frac{iB}{neh}$$

$$B = \frac{\Delta V_H \times n \times e \times h}{i}$$

$$= \frac{15\times10^{-6}\times7.44\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times0.2\times10^{-3}}{20}$$

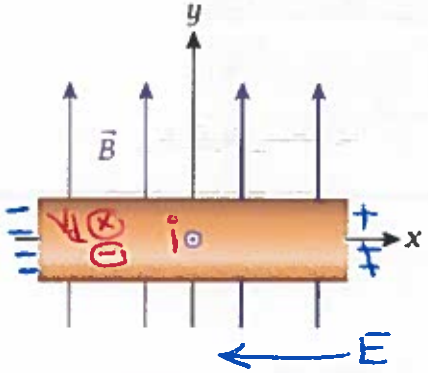
$$= 1.79\ T$$

b-حدد على الشكل الشحنات الموجبة الصافية والالكترونات الصافية على حواف القطعة مبين اتجاه المجال الكهربائي الناتج واحسب مقداره اذا علمت أن عرض القطعة الفضية $d=12cm$

$$\Delta V_H = Ed \Rightarrow E = \frac{\Delta V_H}{d} = \frac{15\times10^{-6}}{0.12} = 1.25\times10^{-4}\ V/m$$

مراجعة المفاهيم 7.5

موصل يمر فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي منتظم. كما هو موضح في الشكل. سيكون المجال الكهربائي الناتج عن تأثير هول:



a) في اتجاه x الموجب.

(b) في اتجاه x السالب.

c) في اتجاه y الموجب.

d) في اتجاه y السالب.

تمارين إضافية على الوحدة السابعة

ضع إشارة (✓) داخل المربع أمام أنسب إجابة لكل مما يلي

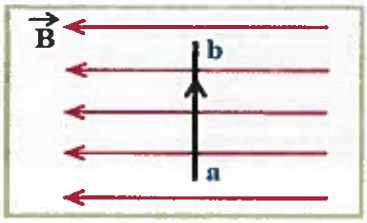
1- يتحرك جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم عمودياً عليه و بسرعة ثابتة (v) فإذا أصبح المجال المغناطيسي ثلاثة أمثال ما كان عليه . فإن مقدار سرعة الجسيم المشحون تساوي :

☐ $9\ v$ ☐ $3\ v$ ☑ v ☐ $\frac{1}{3}\ v$

2- اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على جسيم مشحون يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم يكون باتجاه :

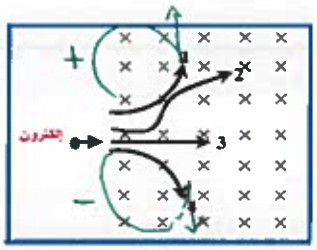
☐ المجال المغناطيسي المؤثر ☐ يميل بزاوية مقدارها 45° عن اتجاه المجال المغناطيسي
☐ حركة الجسيم المشحون ☑ عمودي على المجال المغناطيسي و اتجاه حركة الجسيم

3- السلك (a b) يمر فيه تيار مستمر و موضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل المجاور ، فإن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عليه يكون :



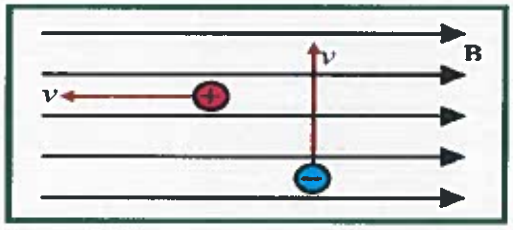
☐ في مستوى الورقة نحو اليمين ☐ في مستوى الورقة نحو اليسار
☐ عمودياً على مستوى الورقة نحو الداخل ☑ عمودياً على مستوى الورقة نحو الخارج

4- قذف إلكترون عموديًا على مجال مغنطيسي منتظم كما في الشكل المجاور. الذي سيتحرّك عليه الإلكترون هو:



☐ 1 ☐ 2
☐ 3 ☑ 4

5- كما بالشكل المجار تتحرك شحنتان احدهما سالبة والاخرى موجبة داخل مجال مغناطيسي منتظم فإن القوة F المؤثرة على

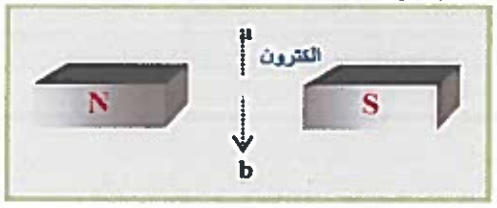


☐ الشحنة السالبة لليمين و على الشحنة الموجبة للأسفل
☐ الشحنة السالبة للداخل و على الشحنة الموجبة صفراً
☑ الشحنة السالبة للخارج و على الشحنة الموجبة صفراً
☐ الشحنة السالبة لليسار و على الشحنة الموجبة للأعلى

6- إذا كنت واقفاً و تحركت حزمة من البروتونات مقتربة منك في اتجاه أفقي و أثناء اقترابها اخترقت مجالاً مغناطيسياً منتظماً اتجاهه نحو الأسفل فإن المجال المغناطيسي يجعل الحزمة تنحرف إلى :

☑ اليمين ☐ اليسار ☐ الأعلى ☐ الأسفل

7- قذف الكترون من (a) إلى (b) و في مستوى الورقة كما في الشكل ، فإنه سيتحرك بإتجاه :



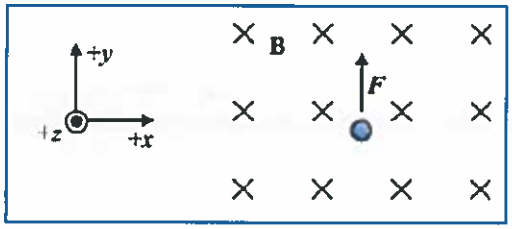
☑ عمودي على مستوى الورقة نحو الداخل
☐ القطب الشمالي للمغناطيس .
☐ القطب الجنوبي للمغناطيس .
☐ عمودي على مستوى الورقة نحو الخارج .

MR Osama Alnahawi

8- في حجرة منتقي السرعات لمطياف الكتلة فإن الايونات التي يسمح لها بالخروج من منتقي السرعات الى حجرة قياس الكتلة التي تكون سرعتها تساوي

- ☐ βE
- ☐ $\beta + E$
- ☐ $\frac{B}{E}$
- ☑ $\frac{E}{B}$

9- الكترون يتحرك بسرعة داخل مجال مغناطيسي منتظم باتجاه Z السالب، فتأثر بقوة مغناطيسية F باتجاه y الموجب كما بالشكل المجاور فإن اتجاه سرعة الالكترون تكون باتجاه



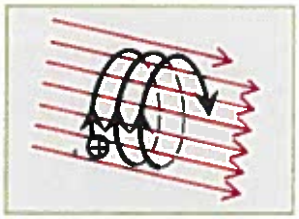
- ☐ $+x$
- ☐ $-y$
- ☐ $-x$
- ☐ $+z$

10- وضع سلك (a ، b) طوله (15 cm) موازيا لمجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.5 T) كما في الشكل المجاور فإذا مر في السلك تيار كهربائي شدته (4 A) فإن القوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك تساوي :

- ☐ 0.3 N باتجاه المجال .
- ☐ 0.3 N عكس اتجاه المجال .
- ☐ 0.3 N باتجاه عمودي على المجال .
- ☑ صفر

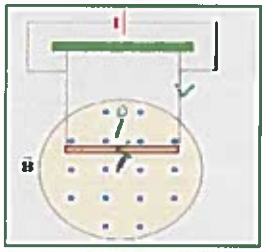
I // B لأن

11- عندما أدخل جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال مغنطيسي منتظم، تحرك على المسار الموضح في الشكل المجاور. إنّ متجه سرعة الجسيم لحظة دخوله للمجال كان :



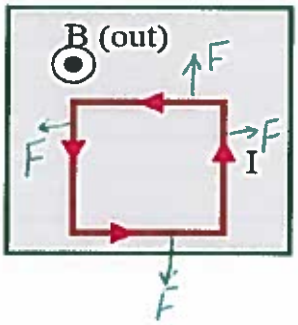
- ☐ باتجاه المجال .
- ☐ عموديا على اتجاه المجال.
- ☐ باتجاه معاكس لاتجاه المجال
- ☑ يصنع زاوية حادة مع اتجاه المجال .

12- من خلال الشكل المجاور ان السلك L يتحرك بفعل القوة المغناطيسية نحو



- ☑ الأعلى
- ☐ باتجاه المجال المغناطيسي
- ☐ الاسفل
- ☐ عكس اتجاه المجال المغناطيسي

13- سلك على شكل مربع يمر به تيار واقع في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على الصفحة نحو الخارج فإن السلك المربع يتأثر بقوة مغناطيسية



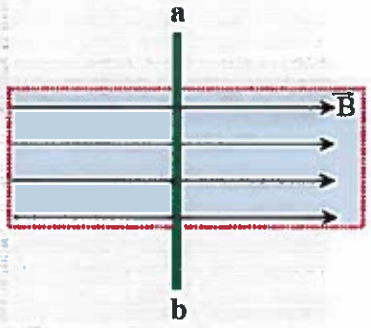
- ☐ عمودي على الصفحة نحو الخارج
- ☐ نحو اليمين
- ☐ نحو االيسار
- ☑ صفر

MR Osama Alnahawi

14 عند انطلاق جسيم مشحون بسرعة v وعمودياً على مجال مغناطيسي منتظم فإنها تتأثر بقوة مغناطيسية تعمل على:

- ☐ زيادة سرعة الجسيم المشحون
- ☐ انقاص سرعة الجسيم المشحون.
- ☑ تغيير اتجاه حركته فقط دون تغيير في مقدار سرعته
- ☐ تغير من مقدار سرعته واتجه حركته .

15 يؤثر مجال مغنطيسي منتظم في المنطقة المستطيلة المنقطة والمبيّنة في الشكل المجاور. وضع السلك المستقيم (a b) وطوله (L) في المجال المغناطيسي كما في الشكل. إذا أمرّ تيار كهربائي مستمر شدّته (I) في السلك اتجاهه من (a) إلى (b) فإنّ السلك سيتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها:



- ☐ يساوي (IBL)
- ☐ صفر
- ☑ أقل من (IBL)
- ☐ أكبر من (IBL)

16 ما وظيفة المبدل (حلقة مقسومة نصفين) في المحرك الكهربائي ؟

- ☐ يحافظ على اتجاه التيار الكهربائي في ملف المحرك
- ☑ يعكس اتجاه دوران المحرك كل نصف دورة
- ☐ يعكس اتجاه التيار الكهربائي في ملف المحرك كل نصف دورة
- ☐ يعكس اتجاه دوران المحرك كل دورة كاملة

17 في الشكل المجاور السلك (س ص) حر الحركة ، بأي اتجاه تتوقع أن يتحرك السلك .

عندما يمرر فيه تيار كهربائي مستمر اتجاهه من (س) إلى (ص) ؟

- ☑ نحو اليمين
- ☐ نحو اليسار
- ☐ نحو الأعلى
- ☐ نحو الأسفل

V = 0

18 إذا وضعت شحنة كهربائية ساكنة (موجبة) في مجال مغناطيسي منتظم فإنها :

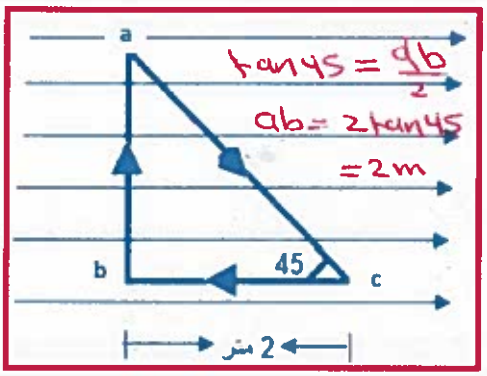
- ☐ تتحرك باتجاه المجال المغناطيسي
- ☐ تتحرك باتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي
- ☐ تتحرك في مسار دائري
- ☑ تبقى ساكنة

إجابات الإختيار من متعدد (189-190) الوحدة 7 – المغناطيسية – 12 متقدم

7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10	7.11	7.12
b	c	e	b	a	a	(a-c-d-e) are true b is false	b	e	d	d	d

MR Osama Alnahawi

مجال مغناطيسي منتظم مقداره 1.8T نحو اليمين وضع فيه سلك مثلث الشكل مستواه موازي للمجال المغناطيسي كما في الشكل . مر فيه تيار كهربائي مقداره 4.7A .



1. احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في كل ضلع .
2. ما القوة المحصلة المؤثرة في السلك ؟ هل يتزن السلك ؟
3. صف حركة المثلث .

$F_{B_{ab}} = I L_{ab} B \sin\theta$

$= 4.7 \times 2 \times 1.8 \sin 90 = 16.9\ N$ للداخل ⊗

$ac = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2.83m$

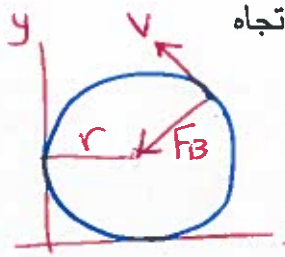
① $F_{B_{bc}} = 0$ (لان bc موازي للمجال)

$F_{B_{ac}} = I L_{ac} B \sin 45 = 16.9\ N$ للخارج ⊙

② القوة المحصلة = صفر و السلك غير متزن

③ $F_{ac} = F_{ab}$ لان ستتحرك السلك حركة دورانية وتعاكسها في الإتجاه وخط عملها ليس على استقامة واحدة لذلك ينتج عزم دوران

7.33) يتحرك الإلكترون في مجال مغناطيسي عكس إتجاه عقارب الساعة في دائرة على المستوى XY . إذا كان تردد المسرع الدوراني $\omega = 1.20 \times 10^{12}\ Hz$. فما مقدار واتجاه المجال المغناطيسي B ؟



$\omega = \frac{qB}{m} \Rightarrow B = \frac{m\omega}{q}$

$B = \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 1.2 \times 10^{12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.8\ T$

* بتطبيق قاعدة اليد اليمنى الأولى نجد أن B نحو الداخل بعني ($-Z$) ولكن الجسيم الكترون سالب لذلك تكون ($+Z$) نحو الخارج

7.34) إلكترون طاقته تساوي $4.0 \times 10^{2}eV$ وإلكترون طاقته تساوي $2.0 \times 10^{2}eV$ محصوران في مجال مغناطيسي منتظم ويتحركان في مسارين دائريين في مستوى عمودي على المجال المغناطيسي . ما النسبة بين نصفي قطري مداريهما ؟

$\frac{r_1}{r_2} = \frac{mV_1}{qB} \times \frac{qB}{mV_2} = \frac{V_1}{V_2}$

* $K = \frac{1}{2}mV^2$ ، $V = \sqrt{\frac{2K}{m}}$

$\frac{r_1}{r_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{\frac{2K_1}{m}}}{\sqrt{\frac{2K_2}{m}}} = \frac{\sqrt{K_1}}{\sqrt{K_2}}$

* $r = \frac{mV}{qB}$

$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{4 \times 10^{-2}}}{\sqrt{2 \times 10^{-2}}} = 1.41$

MR Osama Alnahawi

7.35) بروتون سرعته المتجهة الأولية $v = (1.00\hat{x}+2.00\hat{y}+3.00\hat{z})(10^5 m/s)$ دخل مجالاً مغناطيسياً مقداره $B=(0.500T)\hat{z}$. صف حركة البروتون .

بما أن الجسم تحرك بالفضاء فلن تغير المركبه (z) من سرعة لانه عمودي لها ستبقى x , y . فتسبب حركه دائريه له . احسب نصف قطرها

$$V = \sqrt{(1\times10^5)^2+(2\times10^5)^2} = 2.2\times10^5 m/s$$

$$r = \frac{mV}{qB} = \frac{1.67\times10^{-27}\times2.2\times10^5}{1.6\times10^{-19}\times0.5} = 4.7\,m.$$

7.36) كرة نحاسية صغيرة كتلتها $3.0\times10^{-6}Kg$ وشحنتها $5.0\times10^{-4}C$ تسارعت بدءاً من السكون عبر فرق جهد $7000V$ قبل دخولها مجالاً مغناطيسياً مقداره $4.00T$ موجهاً بشكل عمودي على سرعتها المتجهة. ما نصف قطر إنحناء حركة الكرة في المجال المغناطيسي ؟

احسب V

$$\Delta K = q\Delta V$$

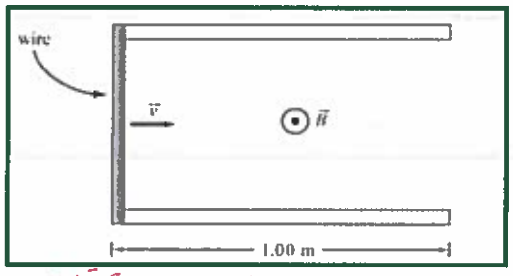
$$\frac{1}{2}mV^2 = q\Delta V$$

$$V = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2\times5\times10^{-4}\times7000}{3\times10^{-6}}}$$

$$= 1527.5\ m/s$$

$$r = \frac{mV}{qB} = \frac{3\times10^{-6}\times1527.5}{5\times10^{-4}\times4}$$

$$r = 2.29\,m.$$



7.46) مدفع كهرومغناطيسي يُسرّع مقذوفًا من وضع السكون باستخدام القوة المغناطيسية المبذولة على سلك يسري فيه تيار كهربائي. وللسلك نصف قطر $r = 5.10\cdot10^{-4}$ m وهو مصنوع من النحاس الذي كثافته $\rho = 8960\ kg/m^3$. يتكون المدفع من ساقين طول كل منهما $L = 1.00$ m موضوعين في مجال مغناطيسي ثابت مقداره $B = 2.00$ T وموجه عموديًا على مستوى الساقين. وينشئ السلك توصيلًا كهربائيًا عبر الساقين عند طرفيهما. وعند الإطلاق، يتدفق تيار كهربائي مقداره 1.00×10^4 A عبر السلك. ما يُسرّع حركة السلك على امتداد الساقين. احسب السرعة النهائية للسلك لحظة مغادرته للساقين. (تجاهل الاحتكاك).

$V_i = 0$

احسب الكتلة m

كتلة — m — حجم — V — ρ — كثافة

$m = \rho V$ (مساحة القاعدة × الارتفاع)

$= \rho(\pi r^2 L)$

نحتاج a

$$a = \frac{F}{m} = \frac{iLB}{m}$$

$$= \frac{iLB}{\rho(\pi r^2)L} = \frac{iB}{\rho(\pi r^2)}$$

$$= \frac{1\times10^4\times2}{8960\times\pi(5.1\times10^{-4})^2}$$

$$= 2.73\times10^6\ m/s$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta x$$

$$= 0 + 2aL$$

$$V_f^2 = 2\times2.73\times10^6\times1$$

$$= 5.46\times10^6$$

$$V_f = 2337\ m/s$$

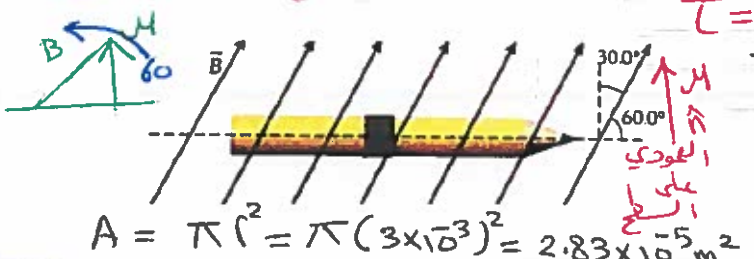
$r = 3\times10^{-3}$

7.51) تم لف (20) لفة سلكية بقوة حول قلم رصاص قطره (6.0 mm) ثم وضع القلم في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (5.0 T) كما هو موضح بالشكل إذا مر تيار كهربائي شدته (3.0 A) في حلقات السلك .

* ما مقدار العزم المبذول على القلم الرصاص

θ : الزاوية بين $\vec{M}$ و $\vec{B}$ بالترتيب

$\vec{\tau} = \vec{M}\times\vec{B}$



$$\tau = BNIA\sin\theta$$

$$= 5\times3\times2.83\times10^{-5}\times20\sin60$$

$$= 7.35\times10^{-3}\ N\cdot m$$

$$A = \pi r^2 = \pi(3\times10^{-3})^2 = 2.83\times10^{-5}\,m^2$$

7.58) يستخدم مسرّع دوراني موضوع في مجال مغناطيسي مقداره (B=9.0 T) لزيادة سرعة البروتونات إلى (50%) من سرعة الضوء (B_E= 0.500 G) المجال المغناطيسي للأرض ($q=1.6\times10^{-19}$ c , $m_p=1.67\times10^{-27}$ kg , $c=3.0\times10^8$ m/s ,)

1) ما **تردد** المسرّع الدوراني للبروتونات ؟

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{m\,2\pi(x1)f}{qB\,T}$$

$$v=\frac{2\pi r}{T}$$

$$r=\frac{2\pi mrf}{qB}\Rightarrow f=\frac{qB}{2\pi mp}=\frac{1.6\times10^{-19}\times9}{2\pi\times1.67\times10^{-27}}=1.4\times10^{8}\,Hz$$

2) ما **نصف** قطر مسار البروتونات في المسرّع الدوراني ؟

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{1.67\times10^{-27}\times(0.5\times3\times10^{8})}{1.6\times10^{-19}\times9}=0.17\,m$$

3) ما **تردد** المسرّع الدوراني للبروتونات ،

$$f=\frac{qB}{2\pi mp}=\frac{1.6\times10^{-19}\times(0.5\times10^{-4})}{2\pi\times1.67\times10^{-27}}=763\,HZ$$

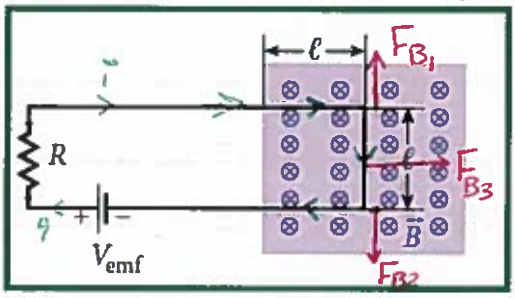
4) و**نصف** قطر المسار للبروتونات نفسها في المجال المغناطيسي للأرض

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{1.67\times10^{-27}\times(0.5\times3\times10^{8})}{1.6\times10^{-19}\times(0.5\times10^{-4})}$$

$$=3.13\times10^{4}\,m$$

7.64) بطارية جهدها الكهربائي (V_{emf}=12.0 v) موصلة بمقاوم (R=3.0 Ω) في حلقة سلكية مستطيلة أبعادها (L=3.0m,w=1.0 m) كما هو موضح بالشكل ، يوجد جزء من السلك طوله (L=1.0m) في نهاية الحلقة يمتد داخل منطقة ذات مجال مغناطيسي مقداره (B=5.0T) موجه إلى داخل الصفحة .

ما **محصلة** القوة المؤثرة في الحلقة ؟



F_{B_1} تُلغي تأثير F_{B_2} لأنها متعاكستان في الاتجاه بسبب تعاكس التيار .
وبالتالي المحصلة ستكون F_{B_3} فقط

$$i=\frac{\Delta V}{R}=\frac{12}{3}=4A$$

$$F_{net}=F_{B_3}=iLB$$

$$=4\times1\times5$$

$$=20\,N$$

نحو اليمين