

أساسيات

الفيزياء

للتانوية العامة

Fundamentals of Physics

Rasheed M Taji

الفصل الخامس :

المجال المغناطيسي



رشيد التاجي

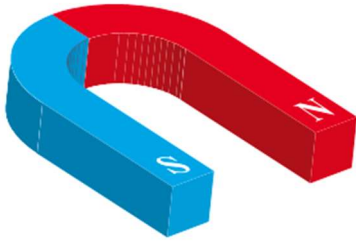


المؤهر

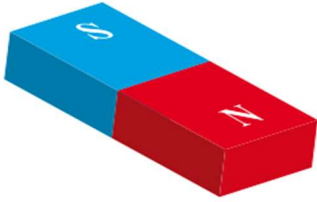
- مقدمة (٣)
- المجال المغناطيسي مفهومه وخطوطه (٤)
- القوة المغناطيسية المؤثرة على جسيم مشحون (٩)
- حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي (١٧)
- قوة لورنتز و تطبيقاتها (١٩)
- القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم يحمل تياراً كهربائياً (٢٧)
- مصادر المجال المغناطيسي (٣٢)
- مسائل إضافية (٤٤)
- أسئلة وزارية (٥٢)
- المراجعة المكثفة (٥٤)
- أسئلة الدرس و إجاباتها من دليل المعلم (٥٨)
- أسئلة الفصل و إجاباتها من دليل المعلم (٦٧)

الموضوع	القانون	الاستخدام
المجال المغناطيسي مفهومه وخطوطه	$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$	تعريف المجال المغناطيسي والتسلا، و يستخدم لحساب القوة المغناطيسية
القوة المغناطيسية المؤثرة على جسيم مشحون. التسارع المركزي. نصف قطر المسار الدائري. قوة لورنتز. جهاز منتقي السرعات	$F = q \vec{v} \times \vec{B}$ $r = \frac{m v}{q B}$ $r = \frac{m v}{q B} \sin \theta$ $q \vec{v} \times \vec{B} = m \vec{a}$ $e = \frac{m}{q B}$	القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون
قانون بيو - سافار المجال المغناطيسي الناتج من موصل مستقيم. المجال المغناطيسي الناتج من ملف دائري. عدد لفات جزء من ملف دائري المجال المغناطيسي الناتج من ملف لولبي.	$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta \vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0 I N}{2r}$ $N = \frac{\theta}{360^\circ}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0 N I}{L}$	مصادر المجال المغناطيسي
قوة مغناطيسية مؤثرة على موصل مغمور في مجال مغناطيسي	$\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B}$	القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تيارا

مقدمة..

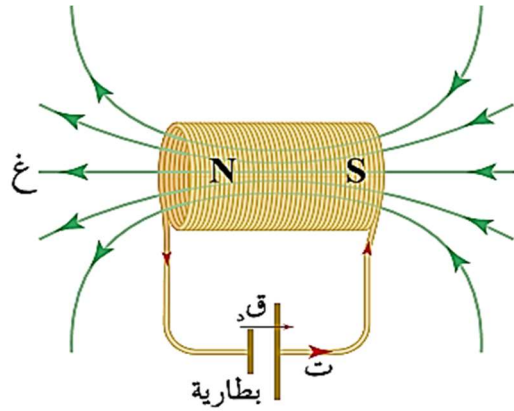


كثير منا تعرّف المغناطيسية عن طريق استخدام مغناط متلفة ضمن أدوات المطبخ أو القرطاسية أو الألعاب، وللمغناط أهمية كبيرة في التكنولوجيا التي تقوم عليها حياة المجتمعات الحديثة، فالمغناط الكهربائي في المحركات والمولدات، والطبقة التي تغطي الأقراص المغنطة في الحاسوب، والكثير من الأجهزة العملية والعلمية تُعد أمثلة على استخدام المغناط.



وللمغناط أشكال عدة، منها المغناطيس المستقيم ومدورة الفرس، والمغناطيس الكهربائي. كما في الأشكال المجاورة .

لعلك تلاحظ من هذه الأشكال أنه مهما اختلف شكل المغناطيس فإن له قطبين : شمالي و جنوبي .



إذا ثبت مغناطيس من مركزه و كان عم الحركة حول المحور الذي يمر من مركزه ستجد أن أحد أطراف المغناطيس يتجه نحو الشمال الجغرافي للأرض (لذلك نسمي هذا الطرف بالقطب الشمالي للمغناطيس) و الطرف الآخر يتجه نحو الجنوب الجغرافي فنسميه بالقطب الجنوبي للمغناطيس . وهذا هو سبب تسمية أقطاب المغناطيس بهذه التسمية .

وتولد المغناط جميعها مجالات مغناطيسية حولها، فما هو المجال المغناطيسي ؟ ، وما العلاقة بينه و بين الكهرباء .؟

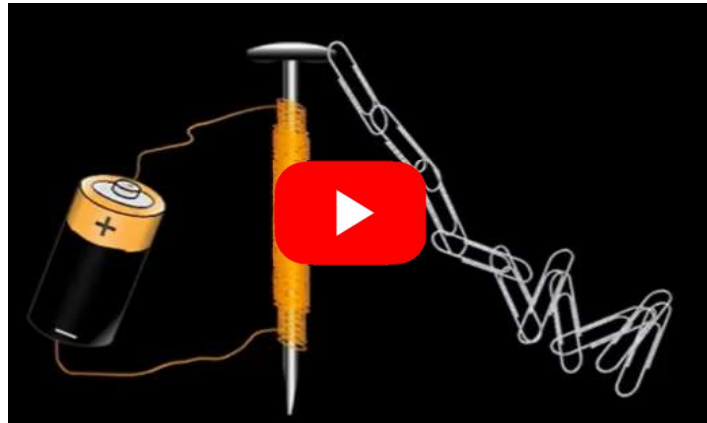
هذه الأسئلة و غيرها سنجيب عنها في هذا الفصل إن شاء الله ..

نشاط...تذكر طريقة عمل مغناطيس كهربائي ..



هل يمكنك استنتاج بماذا يمتاز المغناطيس الكهربائي عن المغناط العادية ..؟

ستجد الإجابة في هذا الفصل .

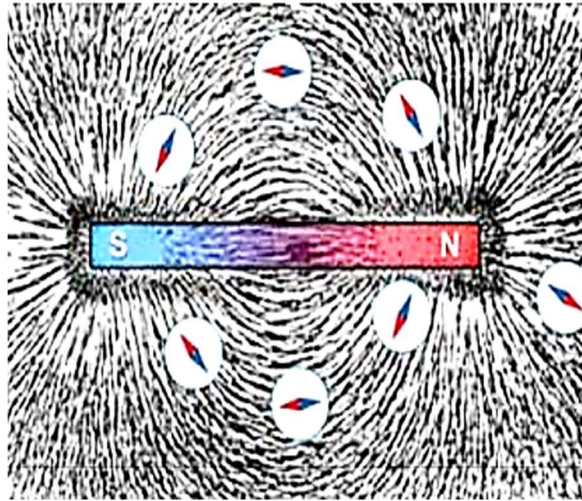


المجال المغناطيسي

أولاً : المجال المغناطيسي

كما تخاط الشحنات الكهربائية بالمجال الكهربائي فإن المغناط تخاط أيضاً بجيز يظهر فيه أثرها يسمى المجال المغناطيسي و يرمز له بالرمز (\vec{B}) و يمكن تمثيله بخطوط وهمية تسمى (خطوط المجال المغناطيسي) و يُعرف خط المجال المغناطيسي بأنه المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حرّاً في المجال المغناطيسي.

لعدم وجود قطب مفرد ،
فلذلك مغناطيس قطبان ،
مهما قسمته إلى قطع
متناهية في الصغر .



صورة توضح شكل خطوط المجال المغناطيسي

يُخطط المجال المغناطيسي باستخدام بُرادة الحديد أو باستخدام الإبرة المغناطيسية (البوصلة) و يظهر كما في الصورة في الشكل المجاور .



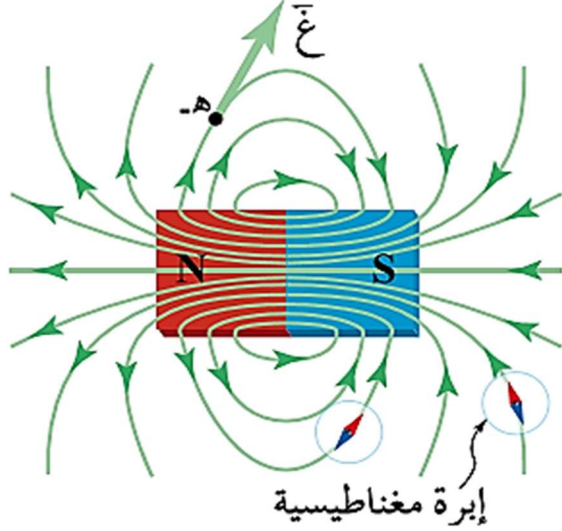
شاهد الفيديو التالي الذي يوضح تخطيط المجال المغناطيسي.

فيديو يوضح شكل خطوط المجال المغناطيسي باستخدام برادة الحديد



المجال المغناطيسي

ومن تعريف خطوط المجال و من خصائص المغناطيس نستطيع تخيل شكل خطوط المجال المغناطيسي كما تظهر في الشكل المجاور ، و نستطيع استنتاج **خصائص خطوط المجال المغناطيسي** ، و التي منها :



١- **خطوط مغلقة**؛ بمعنى أنها تخرج من القطب الشمالي للمغناطيس و تدخل في القطب الجنوبي خارج المغناطيس ، ثم تكمل مسارها من القطب الجنوبي إلى الشمالي داخل المغناطيس . (و السبب في ذلك هو عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد)

٢- **لا تتقاطع**؛ لأن للمجال اتجاه واحد عند كل نقطة .

٣- **خطوط وهمية**.

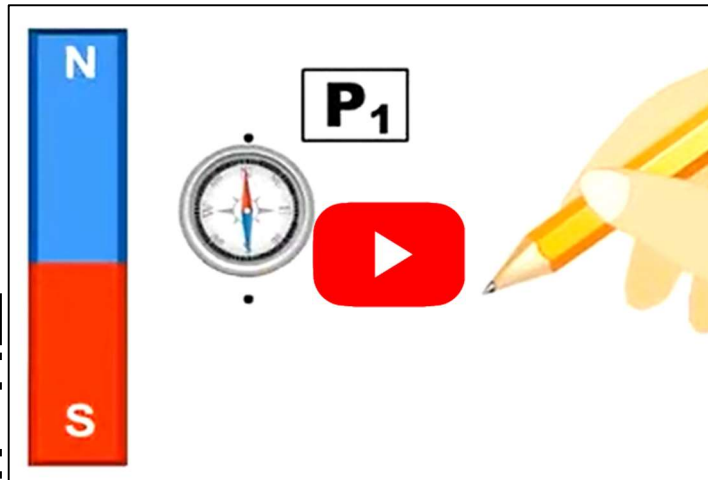
٤- **تدل كثافة الخطوط على مقدار المجال**.

س ١ : كيف يمكن الاستفادة من خطوط المجال المغناطيسي في معرفة المجال المغناطيسي مقدارا واتجاها ؟

من حيث المقدار : تعبر كثافة الخطوط عن مقدار المجال فتتقارب الخطوط كلما كان المجال كبيراً .

من حيث الاتجاه : يكون اتجاه المجال عند نقطة هو اتجاه المماس لخط المجال عند تلك النقطة .

و عملياً يُحدد اتجاه المجال المغناطيسي باستخدام الإبرة المغناطيسية فيشير القطب الشمالي للإبرة



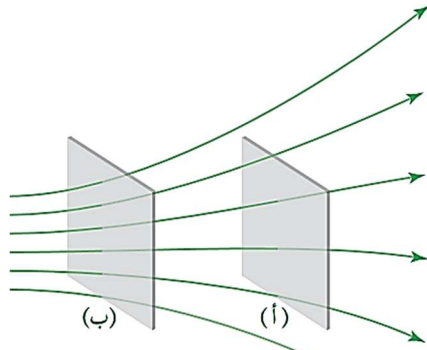
الى اتجاه المجال المغناطيسي عندها .

شاهد الفيديو التالي الذي يوضح كيفية تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عملياً :



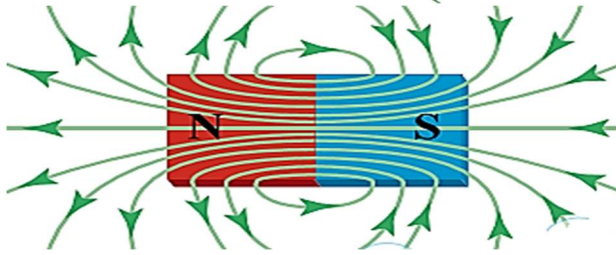
المجال المغناطيسي

س٢ : الشكل المجاور يمثل خطوط مجال مغناطيسي تخترق سطحين لهما المساحة نفسها , عند أي منهما يكون مقدار المجال المغناطيسي أكبر؟
وضح إجابتك.



الإجابة : عند السطح (ب) لأن كثافة خطوط المجال أكبر من كثافتها عند السطح (أ) و مقدار المجال يتناسب طردياً مع كثافة خطوط المجال.

س٣: لماذا لا يعد المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس المستقيم مجالاً منتظماً؟



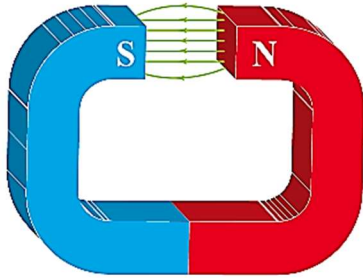
لأن خطوطه تشير إلى اتجاهات مختلفة , فلا يكون ثابتاً
مقداراً ولا اتجاهاً لاحظ الشكل المجاور.

ملاحظة...

قد يكون المجال المغناطيسي منتظماً أو غير منتظم .

فالمجال المنتظم هو المجال الثابت مقداراً و اتجاهاً عند نقاطه جميعها , و
يمثل بخطوط مستقيمة متوازية و المسافات بينها متساوية .

و الشكل أدناه يمثل مجالاً مغناطيسياً منتظماً لمغناطيس على شكل حرف (C)

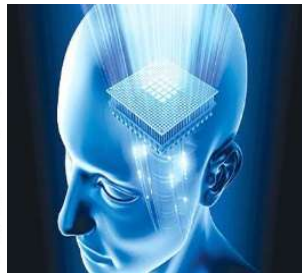


المجال المغناطيسي المنتظم بين قطبي مغناطيس.

لنتحقق من استيعابك المعلومات السابقة , اختبر نفسك من خلال هذا الاختبار القصير



Quiz



المجال المغناطيسي

وكما عرفنا المجال الكهربائي عند نقطة بأنه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الكهربائية ، فنستطيع تعريف المجال المغناطيسي بالطريقة ذاتها :



فالمجال المغناطيسي عند نقطة هو القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بسرعتها

(١) م/ث عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة .

أي أن .. $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ ونجد وحدة قياسه كالتالي..

$$[F] = [q][v] \times [B] \Rightarrow [B] = \frac{[F]}{[q][v]} = \frac{\text{نيوتن.ث}}{\text{كولوم.م}} = \text{تسلا}$$

وحدة المجال المغناطيسي في النظام العالمي للوحدات هي **نيوتن.ث / كولوم.م** وتسمى **تسلا** ، هل يمكنك إثبات أنها تكافئ **فولت . ث / م** ؟..



لا تكشف الإجابة قبل أن تحاول ..

وتعرف **التسلا** بأنها المجال المغناطيسي المؤثر بقوة (١) نيوتن في شحنة (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث ، باتجاه يتعامد مع المجال المغناطيسي .

س٤: ماذا نعي بقولنا أن المجال المغناطيسي عند نقطة = (٠,٢) تسلا ؟

أي أن هذا المجال يؤثر بقوة مغناطيسية (٠,٢) نيوتن في شحنة (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي .

تذكر...

تعتبر القوة المغناطيسية قوة مجال و ليست قوة تلامس ؛ لأنها ذات تأثير عن بعد . مثل القوة الكهربائية , وقوة الجاذبية الأرضية.

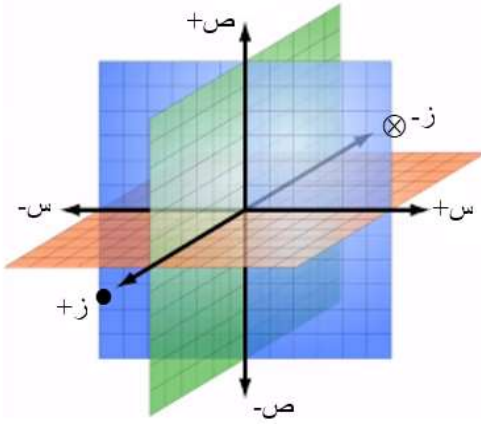
- قانون تعريف المجال لا يعطي العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي , و إنما يعطي عوامل القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في المجال , و هو موضوع الدرس التالي .
- بالضرب التبادلي للعلاقة السابقة نحصل على :

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

و هو متجه ناتج عن حاصل ضرب متجهين و هذا النوع من الضرب يسمى بالضرب الاتجاهي (التقاطعي) كما مرر معك سابقاً , (المتجه الأول \times المتجه الثاني \times جيب الزاوية المحصورة بينهما) فتكون القوة المغناطيسية :

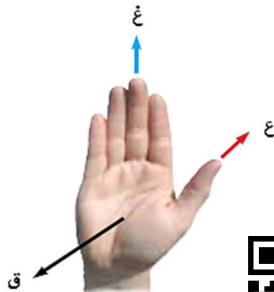
$$\vec{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

لكن يلزمنا هنا مراجعة بعض المعلومات المتعلقة بالاتجاهات و بالضرب التقاطعي ...



١- الأبعاد في الطبيعة ثلاثة أبعاد : محور السينات (الشرق و الغرب) و محور الصادات (الشمال و جنوب) و محور الزينات (خارج من الصفحة و داخل في الصفحة) , و يرمز لمحور الزيني الموجب بنقطة (•) و هو المحور العمودي على الصفحة خارجاً منها . و يرمز لمحور الزيني السالب بإشارة الضرب (⊗) و هو المحور العمودي على الصفحة داخلاً فيها .

٢- يحدد اتجاه المتجه الناتج عن الضرب التقاطعي باستخدام قاعدة اليد اليمنى , بحيث يشير الإبهام إلى المتجه الأول (السرعة) , و باقي أصابع الكف (مفرودة) باتجاه المتجه الثاني (المجال) , فيكون اتجاه (القوة) هو اتجاه العمود الخارج من باطن الكف :



شاهد الفيديو التالي الذي يوضح قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية .

المجال المغناطيسي

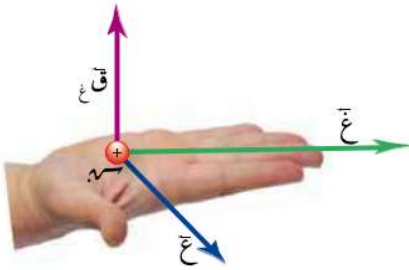
ثانياً : القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة نقطية متحركة في مجال مغناطيسي منتظم

إذا قُربت مغناطيساً من شحنة كهربائية متحركة سوف تنحرف الشحنة عن مسارها ، **شاهد الفيديو** التالي الذي يبين انحراف حزمة من الإلكترونات بفعل المجال المغناطيسي:



وُجد تجريبياً أنه إذا تحركت شحنة (s) في مجال مغناطيسي (G) بسرعة (v) غير موازية للمجال المغناطيسي سوف تتأثر هذه الشحنة بقوة مغناطيسية تعطى بالعلاقة التالية :

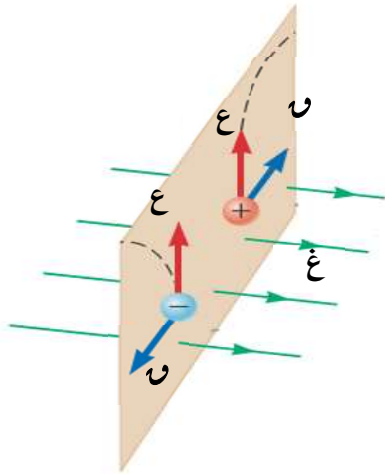
$$F = q \cdot v \cdot G \cdot \sin \theta$$



و يُحدد اتجاهها حسب قاعدة اليد اليمنى كما وضحناها في فيديو سابق بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه السرعة و تشير باقي الأصابع (مفردة) إلى اتجاه المجال ، عندها يكون المتجه العمودي الخارج من باطن الكف هو اتجاه القوة على الشحنة الموجبة . كما في الشكل المجاور ، أما إذا كانت الشحنة سالبة فنعكس الاتجاه .

[باطن الكف للشحنة الموجبة و ظهر الكف للشحنة السالبة]

اتجاه القوة على الشحنة السالبة عكس اتجاه القوة على الشحنة الموجبة . (كما يمكننا استخدام اليد اليسرى لتحديد اتجاه القوة على الشحنة السالبة)





شاهد الفيديو التالي الذي يوضح اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنات السالبة (الإلكترونات) باستخدام قاعدة اليد اليمنى

س ١: إذا تحركت شحنة في مجال مغناطيسي وتأثرت بقوة مغناطيسية , فأجب عما يلي :

١- ما هي العوامل التي تعتمد عليها هذه القوة ؟ وما أثر كل عامل ؟

٢- متى تكون هذه القوة أكبر ما يمكن ؟ ومتى تنعدم ؟

٣- ما هي العوامل التي يعتمد عليها اتجاه هذه القوة ؟

٤- كيف يكون اتجاه هذه القوة مع كل من السرعة و المجال ؟ وماذا يترتب على ذلك ؟

الإجابة :

١- تعتمد على كل من: ١- مقدار الشحنة ٢- وسرعتها ٣- مقدار المجال المغناطيسي ٤- جيب الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة و اتجاه المجال

[و تم تحديد هذه العوامل من القانون: $v = \omega r \sin \theta$]

(و التناسب مع جميع هذه العوامل طردياً)

٢- تكون أكبر ما يمكن عندما تكون السرعة متعامدة مع المجال ($\theta = 90^\circ$)

و تنعدم هذه القوة في حالتين هما :

أ) إذا كانت الشحنة ساكنة ($v = 0$)

ب) إذا كانت السرعة موازية للمجال ($\theta = 0^\circ$)

٣- اتجاه القوة يعتمد على : ١- نوع الشحنة ٢- اتجاه السرعة ٣- اتجاه المجال

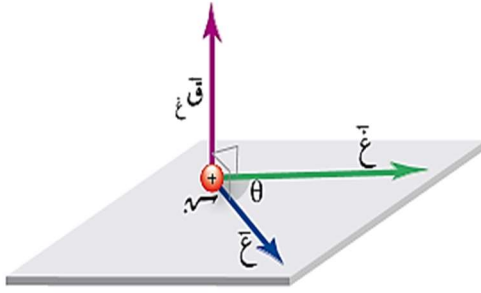
المجال المغناطيسي

٤- تكون القوة عمودية دائماً على المستوى الذي يتشكل من المتجهين :

\vec{v} و \vec{B} مهما كانت الزاوية بينهما و ذلك حسب قاعدة اليد اليمنى كما في الشكل المجاور

و بما أنها عمودية على اتجاه السرعة دائماً فإنها :

- تكون عمودية على الإزاحة أيضاً ، و بالتالي يكون شغل القوة المغناطيسية صفراً ، و وفق مبرهنة الشغل و الطاقة يكون التغير في الطاقة الحركية صفراً أيضاً . (أي أنها لا تبذل شغلاً)
- تجبر الجسيم المشحون على الحركة في مسار دائري كما سيأتي.



اتجاه القوة عمودي دائماً على المستوى الذي يضم السرعة و المجال

س ٢ : قارن بين وظيفة المجال الكهربائي و المجال المغناطيسي في المسارعات النووية؟

المجال الكهربائي : يستخدم لتسريع الجسيمات المشحونة .

المجال المغناطيسي : يستخدم لتوجيه هذه الجسيمات و التحكم في مسارها دون تغيير مقدار سرعتها : كون القوة المغناطيسية عمودية على اتجاه السرعة (و بالتالي عمودي على اتجاه الإزاحة) فلا تبذل شغلاً .

شغل القوة المغناطيسية ..

لا تبذل القوة المغناطيسية أي شغل على الشحنات المتحركة لأن القوة المغناطيسية عمودية دائماً على اتجاه السرعة.



س ٣ : لا يمكن تحريك شحنة ساكنة بالمجال المغناطيسي . فسرد ذلك !

لأن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة عمودية على سرعة الشحنات ، فيكون شغل القوة المغناطيسية صفراً ، و من مبرهنة الشغل و الطاقة فإن $\Delta \text{ط} = 0$. فالجسم الساكن سيبقى ساكناً .

نظرة عن كثر ...

كل شحنة متحركة بمثابة تيار كهربائي ، و قد تبين من تجربة أورستد أن التيار يولد مجالاً مغناطيسياً ، لذلك فإن كل شحنة متحركة تولد مغناطيساً ، و تتأثر المغناط في ما بينها بقوة مغناطيسية . فهذا هو منشأ القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنات المتحركة .



المجال المغناطيسي

س ٤ : إذا قذف جسيم مشحون في منطقة ما و لم ينحرف ، فهل يعني ذلك بالضرورة عدم وجود مجال مغناطيسي في تلك المنطقة؟ فسر إجابتك .

لا ، ليس بالضرورة ، قد تكون سرعة الجسيم موازية للمجال المغناطيسي فتكون القوة صفراً .

س ٥ : احسب مقدار الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال المغناطيسي وسرعة الجسيم التي تكون عندها القوة المغناطيسية نصف قيمتها العظمى؟

$$v \sin \theta = \frac{1}{2} v \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

$$v \sin \theta = \frac{1}{2} v \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2}$$

$$\theta = 30^\circ \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

ما هي الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي عندما تكون القوة ٨٠٪ من قيمتها العظمى؟؟



٥٣°



المجال المغناطيسي

تدريب (١) : حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيمات في الأشكال التالية :

١- صادي موجب

٢- زيني موجب (عكسنا الاتجاه لأنها شحنة سالبة)

٣- القوة صفر (لا يوجد قوة لأن السرعة موازية لاتجاه المجال)

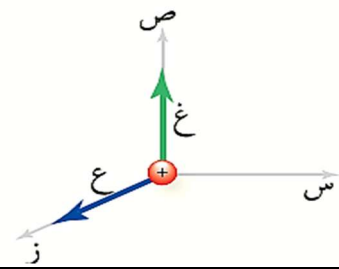
٤- ⊗ زيني سالب (داخل في مستوى الورقة)

٥- صادي سالب (عكسنا الاتجاه لأنها شحنة سالبة)

المجال المغناطيسي

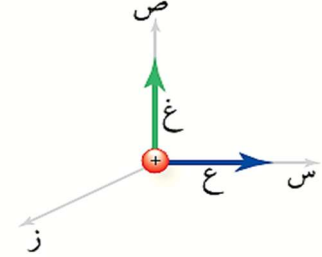
-٦

سبيني سالب



-٧

زبني موجب :

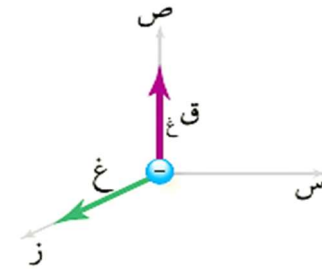


لاحظ أن القوة في جميع الأمثلة السابقة عمودية على كل من السرعة و المجال

تدريب (٢) : حدد اتجاه سرعة الجسيم في الأشكال التالية :

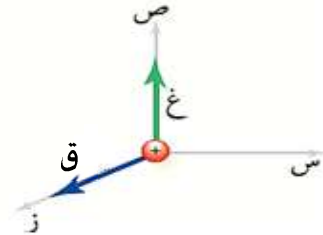
-١

سبيني موجب (عكسنا الاتجاه لأنها شحنة سالبة)



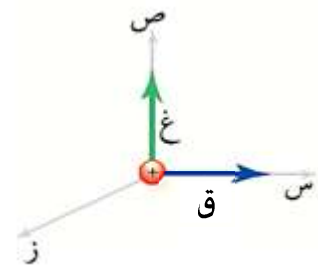
-٢

سبيني موجب



-٣

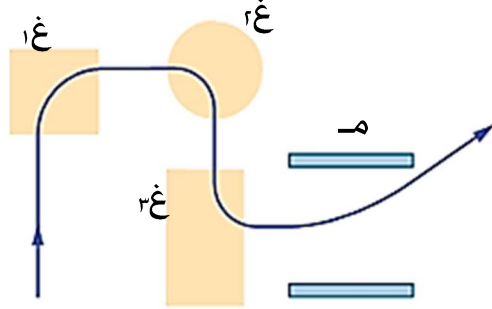
⊗ زبني سالب :





الإجابة...

قُذِف إلكترون باتجاه مجالات مغناطيسية و مجال كهربائي فاتخذ المسار الموضح بالشكل المجاور , فما هو اتجاه كل مجال ؟



غ ١ و غ ٢ : زيني سالب ,

غ ٣ : زيني موجب , م : صادي سالب

الإلكترون شحنة سالبة فعكسنا قاعدة

اليد اليمنى . و القوة الكهربائية تكون

هنا معاكسة لاتجاه المجال الكهربائي

ملاحظة...



بما أن اتجاه القوة المغناطيسية على الشحنة الموجبة معاكس لاتجاهها على الشحنة السالبة , فإن المجال المغناطيسي يستخدم للتمييز بين الجسيمات الذرية .

الحل...

الجسيم (أ) موجب الشحنة لأنه

انطبقت عليه قاعدة اليد اليمنى , و

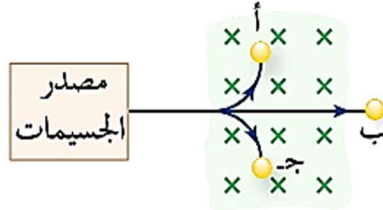
الجسيم (ج) سالب الشحنة لأنه

عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أنه

اتخذ مسار معاكس لاتجاه الناتج

من تطبيق القاعدة , و الجسيم (ب)

متعادل لأنه لم ينحرف .



س ٦ : قُذِف ثلاثة جسيمات

باتجاه مجال مغناطيسي فأخرفت

كما في الشكل المجاور حدد

شحنة كل جسيم .

س ٧ : قُذِف بروتون و إلكترون بنفس السرعة باتجاه متعامد مع مجال

مغناطيسي منتظم , قارن بين القوة المغناطيسية المؤثرة على كل منهما و

تسارع كل منهما .

الحل...

$\vec{q}_e = -\vec{q}_p$; لأن جميع العوامل

المؤثرة في القوة متساوية ,

$m_e \ll m_p$; لأن كتلة الإلكترون

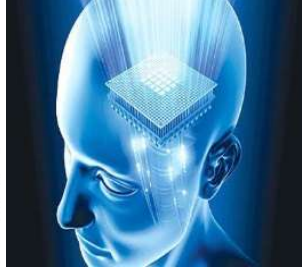
أصغر بكثير من كتلة البروتون , و

التسارع يتناسب عكسياً مع الكتلة .

اختبر نفسك

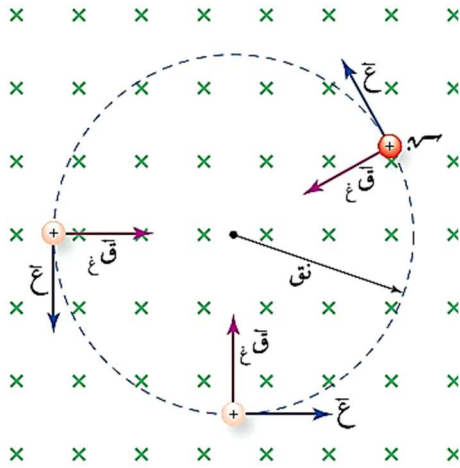


Exam #1



السرعة عمودية على المجال

حالة خاصة...



إذا قذف جسيم مشحون في مجال مغناطيسي بشكل يتعامد مع المجال فإنه سيتخذ مساراً دائرياً ، وبما أن اتجاه القوة المغناطيسية نحو مركز المسار الدائري ، لذلك تُعد القوة المغناطيسية قوة مركزية

تُكسب الجسم تسارعاً يعطى بالعلاقة : $t = \frac{2e}{v} \times \frac{K}{m}$ مركزياً باتجاهها

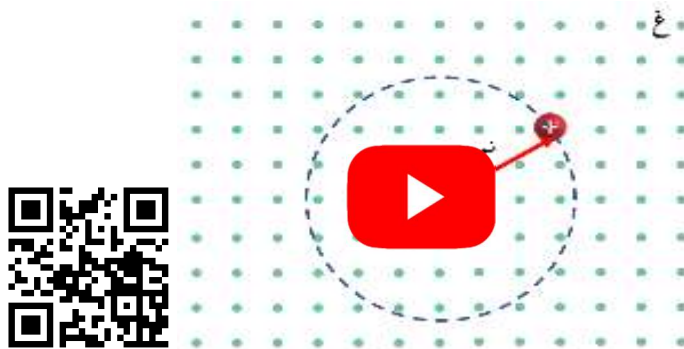
بتطبيق قانون نيوتن الثاني نستطيع حساب نصف قطر المسار الدائري كالتالي ..

$$q = K \times t \quad \leftarrow \quad \frac{2e}{v} \times \frac{K}{m} = 90 \text{ جا} \quad \frac{K}{m} = \frac{v}{2e} \times 90 \text{ جا}$$

الإجابة...

مقدار كتلة الجسم و سرعته و التناسب طردياً ، مقدار شحنة الجسم و المجال المغناطيسي و التناسب عكسياً

س ٨ : أذكر العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار الدائري الذي يتخذه الجسيم المشحون في المجال المغناطيسي . وبين أثر كل عامل .



المجال المغناطيسي

سؤال للتفكير ...



الإجابة ...

القوة تتناسب طردياً مع كل من السرعة و المجال فتزداد أربع مرات , أما نصف القطر فيتناسب طردياً مع السرعة و عكسياً مع المجال , فأثر زيادة السرعة يلغيه أثر زيادة المجال فيبقى نصف القطر كما هو . فيكون الجواب (ج) .

جسيم مشحون يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي , إذا تضاعف كل من سرعته و المجال المغناطيسي مرتان فإن :



- (أ) القوة تتضاعف أربع مرات و نصف القطر يقل إلى الربع .
 (ب) القوة تقل إلى الربع و نصف القطر يتضاعف أربع مرات .
 (ج) القوة تتضاعف أربع مرات و نصف القطر يبقى كما هو .
 (د) نصف القطر يتضاعف أربع مرات و القوة تبقى كما هي .

مثال (١) : دخل جسيم مشحون كتلته (2×10^{-10}) كغ , وشحنته (2) ميكروكولوم مجالاً مغناطيسياً منتظماً $(0,2)$ تسلا , بسرعة (310) م/ث , باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي , أوجد ما يلي :

- ١- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم . ٢- التسارع المركزي للجسيم . ٣- نصف قطر مسار الجسيم .
 ٤- سرعة الجسم بعد مرور (5) ثوانٍ . ٥- شغل القوة المغناطيسية على الجسيم .

الحل :



$$٢ \text{ ق مركزية} = \text{ق غ} = \text{ك ت مركزي}$$

$$٠,٤ \times ١٠^{-١٠} \times ٢ = ٣^{-١٠} \times ١٠^{-١٠} \text{ ت مركزي}$$

$$\text{ت مركزي} = ٠,٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ م/ث}^٢$$

$$١ \text{ ق غ} = \text{س ع غ جا } \theta$$

$$= ٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٠,٢ \times ٩٠ \text{ جا}$$

$$\text{ق غ} = ٠,٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ نيوتن}$$

$$٣ \text{ نق} = \frac{\text{ك ع}}{\text{س غ}}$$

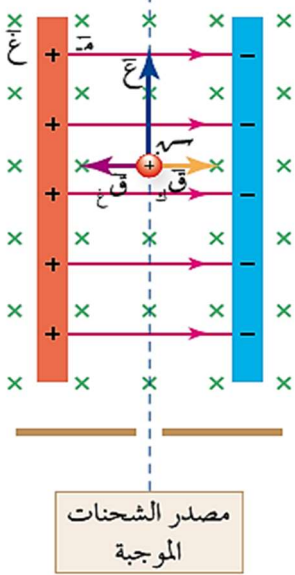
$$= \frac{٢ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^{-١٠}}{٠,٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٢}$$

$$\text{نق} = ٠,٥ \text{ م}$$

٤ القوة المغناطيسية لا تغير مقدار سرعة الجسيم، ولكن تغير اتجاه السرعة فقط، ولذلك فإن مقدار سرعة الجسيم سيبقى (310) م/ث .

٥ ش (ق غ) = صفر دائماً

ماذا لو..



ماذا لو قذف جسيم مشحون في منطقة فيها مجال كهربائي و مجال مغناطيسي وكانا متعامدين على بعضهما ???

نعلم أن الشحنة الكهربائية تتأثر بالمجال الكهربائي بقوة

كهربائية ($Q \cdot E$) سواء كانت متحركة أو ساكنة، ونعلم أيضاً أن الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي بشكل غير مواز للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية ($Q \cdot v \times B$).

إذاً سوف تتأثر الشحنة بقوتين : قوة كهربائية وقوة مغناطيسية وتسمى محصلة هاتين

القوتين **قوة لورنتز**.

$$\vec{Q} = \vec{Q}_E + \vec{Q}_M$$

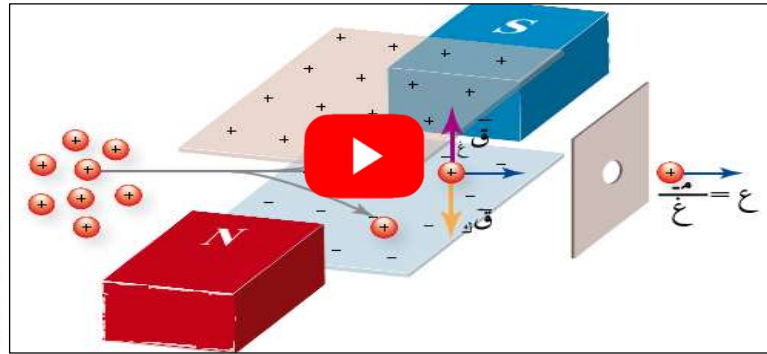
وتعرف بأنها : هي محصلة القوة الكهربائية والمغناطيسية المؤثرة على الجسيمات المشحونة المتحركة في مجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي .

و إذا أردنا أن يسير الجسيم دون انحراف كما في الشكل المجاور، تكون محصلة قوة لورنتز صفراً، أي أن

$$Q_E = Q_M$$

$$Q \cdot E = Q \cdot v \times B$$

$$E = v \times B$$

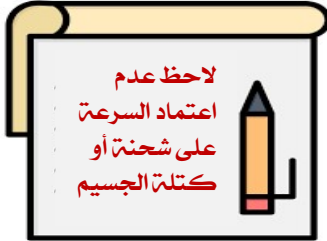


جهاز منتقي السرعة

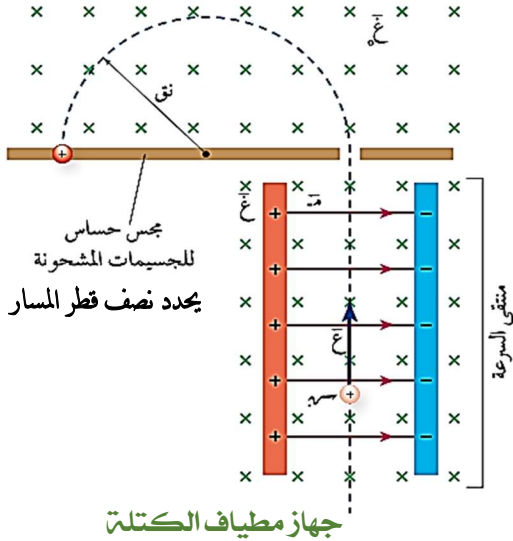
المجال المغناطيسي

و هذا مبدأ عمل جهاز يستخدم في التجارب العملية للحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم يُسمى **جهاز منتقي السرعة** .

بحيث يتم التحكم عملياً بمقدار كل من (م) و (غ) للحصول على السرعة المطلوبة .



$$E = vB$$



و من التطبيقات الأخرى على قوة لورنتز **جهاز مطياف الكتلة** إذ يُضاف على جهاز منتقي السرعات مجال مغناطيسي (غ) بعد خروج الجسيمات من منطقة المجالين ، يجبر الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلة هذه الجسيمات . كما يوضحه الشكل المجاور .

س ١٢ : من التطبيقات على قوة لورنتز : **جهاز منتقي السرعة** ، أجب عما يلي:

- ١- مم يتكون هذا الجهاز ؟ ٢- ما مبدأ عمله (الفكرة التي يقوم عليها) ؟ ٣- ما وظيفته ؟ ٤- ما الشرط اللازم لحققه لكي يعمل المجالان الكهربائي و المغناطيسي معاً لانتقاء سرعة محددة للجسيمات المتحركة ؟

الإجابة

- ١- يتكون من مجالين متعامدين : مجال كهربائي و مجال مغناطيسي .
- ٢- أن تكون قوة لورنتز = صفر ، حتى تسير الشحنات دون انحراف . ٣- اختيار جسيمات ذات سرعة محددة .
- ٤- أن تكون القوة الكهربائية و القوة المغناطيسية الناتجة عنهما متساوية في المقدار و متعاكسة في الاتجاه .

س ١٣ : من التطبيقات على قوة لورنتز : جهاز مطياف الكتلة , أجب عما يلي :

- ١- مم يتكون هذا الجهاز ؟ ٢- اشرح مبدأ عمله ؟ ٣- أذكر اثنين من استخدامات هذا الجهاز .
- ٤- وضح دور كل من المجال المغناطيسي (غ) و المجال المغناطيسي (غ) في هذا الجهاز .

الإجابة

١- يتكون من جهاز منتقي السرعة (مجالين كهربائي و مغناطيسي متعامدين على بعضهما) و من مجال مغناطيسي آخر (غ) .

٢- في البداية يقوم جهاز منتقي السرعة باختيار الجسيمات التي لها نفس السرعة , ثم تدخل بعد ذلك منطقة مجال مغناطيسي آخر (غ) يجبرها على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره مع كتلة الجسيمات . و بقياس نصف قطر المسار عن طريق المجس الحساس يتم تحديد نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته

$$\text{ن} = \frac{ك}{ع} \cdot غ$$

٣- استخداماته :

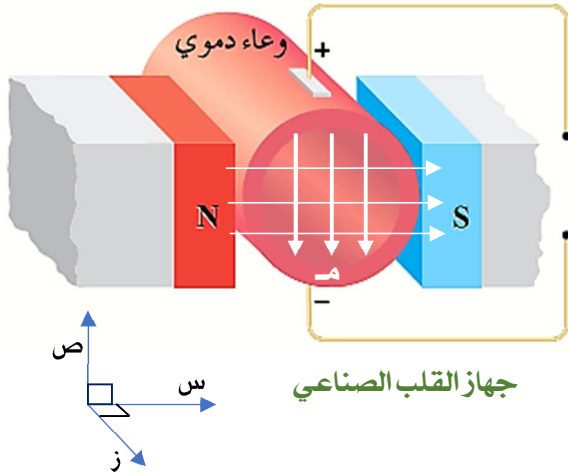
أ) فصل الأيونات المشحونة عن بعضها وفق نسبة شحنتها إلى كتلتها , ما يتيح معرفة كتلتها و نوع شحنتها .

ب) دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية .

٤- المجال (غ) يولد قوة مغناطيسية تساوي في المقدار و تعاكس في الاتجاه القوة الكهربائية لضمان بقاء الشحنة متحركة في خط مستقيم . أما المجال (غ) فيجبر الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلتها .

المجال المغناطيسي

س ١٤ : من التطبيقات على قوة لورنتز : جهاز القلب الصناعي إذ يحتوي على مضخة كهرومغناطيسية مكونة من مجالين متعامدين على بعضهما : كهربائي و مغناطيسي , تعمل على ضخ الدم الذي يحوي أيونات موجبة و أيونات سالبة , كما في الشكل المجاور , حدد اتجاه كل من القوة الكهربائية و القوة المغناطيسية على كل من الأيونات الموجبة و الأيونات السالبة .



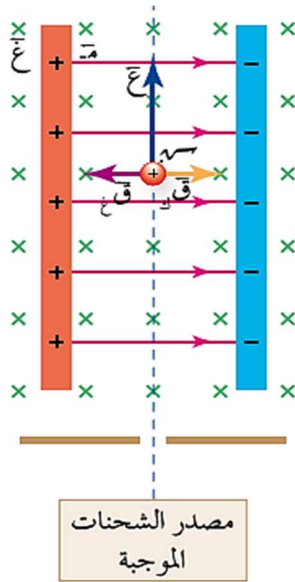
الإجابة

القوة الكهربائية على الأيونات الموجبة (ص -) و على الأيونات السالبة (ص +)

القوة المغناطيسية (ز +) على الأيونات الموجبة و السالبة معاً

س ١٥ : أذكر ثلاثة تطبيقات عملية على قوة لورنتز

١- جهاز منتهي السرعة ٢- جهاز مطياف الكتلة ٣- المضخة الكهرومغناطيسية في جهاز القلب الصناعي



مثال (٢) : صفيحتان متوازيتان مشحونتان بشحنتين مختلفتين , جهد الصفيحة

الموجبة (٧,٥) فولت و السالبة (-٧,٥) فولت و البعد بينهما (١٠) سم و مغمورتان في

مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥) تسلا , كما في الشكل المجاور, يتحرك بينهما جسيم

شحنته (٤) ميكروكولوم , بسرعة (٣٠٠) م/ث .

أوجد ما يلي :

١- القوة المؤثرة في الجسيم . و صِف حركة الجسيم .

٢ - ماذا سيحدث لحركته لو ازدادت سرعته عن (٣٠٠) م/ث ؟



الحل :

المجال المغناطيسي

القوى المؤثرة على الجسم قوتان : كهربائية و مغناطيسية , نجد كل قوة على حده ثم نجمعها جمع متجهات , لكن نحسب أولاً المجال الكهربائي من فرق الجهد بين الصفيحتين .

$Q \cdot E = m \cdot a$ $Q \cdot E = 1.0 \times 10^{-10} \times 3.0 \times 10^6 \times 0.5 \times 9.0$ $E = \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 3.0 \times 10^6 \times 0.5 \times 9.0}{1.0 \times 10^{-10}}$ $E = 1.0 \times 10^6 \text{ نيوتن , س-}$	$\therefore Q \cdot E = m \cdot a$ $Q \cdot E = 1.0 \times 10^{-10} \times 150$ $E = \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 150}{1.0 \times 10^{-10}}$ $E = 1.0 \times 10^6 \text{ نيوتن , س+}$	$-1 \text{ ج} = -m \cdot a$ $-1 \text{ ج} = (7.0 \times 10^{-10} - 7.0 \times 10^{-10})$ $-1 \text{ ج} = 150 \text{ فولت / م}$
--	---	--

$Q \text{ لورنتز} = 1.0 \times 10^{-10} \times 1.0 \times 10^6 - 1.0 \times 10^{-10} \times 1.0 \times 10^6$

٢- إذا ازدادت السرعة سوف تزداد القوة المغناطيسية فقط لذلك سينحرف باتجاه القوة الأكبر و هي القوة المغناطيسية أي : (س-)

مثال (٣): قذف جسم شحنته (. , ٤) ميكروكولوم بسرعة (١٠٠) م/ث نحو (+ ص) إلى منطقة مجالين , أحدهما كهربائي (٥٠٠) فولت / م (+ س) , و الآخر مغناطيسي (٢) تسلا (- ز) , اجب عما يلي :

١- احسب قوة لورنتز . ٢- هل يسير الجسم دون انحراف ؟ ٣- أي مجال يجب زيادته حتى يسير دون انحراف و كم مقدار الزيادة ؟

الحل :

٢- بما أن محصلة قوة لورنتز لا تساوي صفر , إذا سينحرف الجسم باتجاه القوة الأكبر , وهنا هي القوة الكهربائية

٣- يجب زيادة المجال المغناطيسي من (٢) تسلا إلى (٥٠) تسلا حتى تصبح القوة المغناطيسية $1.0 \times 10^{-10} \times 200$ نيوتن

$$Q \cdot E = m \cdot a$$

$$Q \cdot E = 1.0 \times 10^{-10} \times 2 \times 100 \times 9.0$$

$$E = \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 2 \times 100 \times 9.0}{1.0 \times 10^{-10}}$$

$$E = 1.0 \times 10^6 \text{ نيوتن , س-}$$

$$Q \text{ لورنتز} = 1.0 \times 10^{-10} \times 2 - 1.0 \times 10^{-10} \times 0.8$$

$$-1 \text{ ق لورنتز} = -Q \cdot E + Q \cdot E$$

$$Q \cdot E = m \cdot a$$

$$E = \frac{1.0 \times 10^{-10} \times 500}{1.0 \times 10^{-10}}$$

$$E = 200 \times 1.0 \times 10^{-10} \text{ نيوتن + س}$$

المجال المغناطيسي

*مثال (٤): قذف بروتون بسرعة (١.٠ × ١٠^٦ م/ث (+ س) ، نحو مجال كهربائي منتظم (٢ × ١٠^٦ فولت/م ،⁻ص) ، أجب عما يلي :

١- اوجد مقدار و اتجاه أقل مجال مغناطيسي يلزم حتى يسير البروتون دون انحراف .

٢- لو قذف مع البروتون جسيماً ألفا و بيتا بنفس السرعة في منطقة المجالين ، فهل يسير الجسمان دون انحراف ؟ إذا كان الجواب لا ، فما مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي اللازم حتى يكمل الجسمان حركتهما دون انحراف ؟

[علماً أن جسيم بيتا هو الإلكترون و جسيم ألفا كتلته أربعة أضعاف كتلة البروتون و شحنته ضعفي شحنة البروتون]

لا تعتمد السرعة
على شحنة
الجسيم أو كتلته



الحل:

١- حتى يسير البروتون دون انحراف تكون قوة لورنتز عليه صفراً ، أي أن القوة الكهربائية تساوي و تعاكس القوة المغناطيسية ، فهذا مبدأ عمل جهاز منتهي السرعة ، أي أن :

$$q v = q E \quad (ص^+)$$

$$m \cancel{v} = \cancel{e} E \theta \quad \text{لحساب أقل مجال يجب أن يكون } \theta \text{ أكبر ما يمكن و هو (١)}$$

$$1.0 \times 10^6 = 1.6 \times 10^{-19} \times E \quad \therefore E = 0.125 \text{ تسلا}$$

و حتى يكون اتجاه القوة المغناطيسية (ص⁺) يجب أن يكون اتجاه المجال المغناطيسي (ز⁻) حسب قاعدة اليد اليمنى .

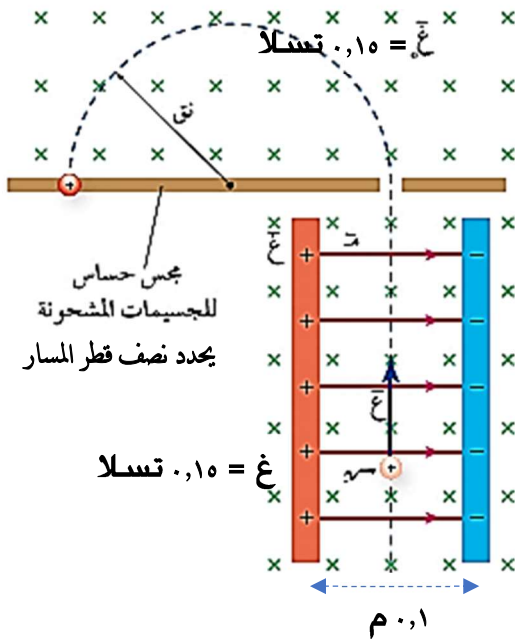
٢- للحصول على السرعة المطلوبة هنا (١.٠ × ١٠^٦ م/ث يجب ضبط قيمة المجال الكهربائي و المغناطيسي

عملياً حتى تحقق المعادلة $E = \frac{m}{e} v$ ، وبما أنه لم يتغير أي من المجالين فلن ينحرف ألفا أو بيتا ، بالنسبة

لجسم ألفا تضاعف الشحنة يعني تضاعف القوة الكهربائية و المغناطيسية معاً بنفس المقدار ، فلن يحدث تغيير على قوة لورنتز ، و بالنسبة لجسيم بيتا فشحنته مساوية لشحنة البروتون ، أما بالنسبة لعامل

الكتلة فلا يدخل في حساب قوة لورنتز .

المجال المغناطيسي



*مثال (5): في الشكل المجاور مخطط لجهاز يستخدم لدراسة

مكونات بعض المركبات الكيميائية , أجب عما يلي :

١- ماذا يُسمى هذا الجهاز؟ واذكر استخداماً آخرًا له .

٢- ما وظيفة المجال (غ) في الجهاز؟

٣- كيف يمكن التحكم في مسار الجسيمات المشحونة في منطقة المجالين بحيث تسير دون انحراف؟

٤- إذا قذف بروتون في منطقة المجالين و اصطدم بالمحس الحساس على بعد (٤٠) سم عن الفتحة احسب فرق الجهد بين الصفيحتين .

٥- إذا قذف مع البروتون و بنفس السرعة الجسيمات التالية : (جسيم ألفا , جسيم بيتا , نيوترون) فصِّف حركة كل جسيم واحسب نصف قطر المسار الذي يسلكه كل جسم إن أمكن .

الحل:

١- جهاز مطياف الكتلة . يستخدم أيضاً لفصل الأيونات المشحونة عن بعضها وفق نسبة شحنتها إلى كتلتها , لمعرفة كتلتها وشحنتها .

٢- يجبر الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلتها .

٣- لجعل قوة لورنتز = صفر , أي لجعل القوة الكهربائية تساوي وتعاكس القوة المغناطيسية و ذلك بالتحكم

عملياً بقيمة المجال الكهربائي و المجال المغناطيسي بحيث تكون سرعتها مساوية للنسبة $\frac{m}{e}$.

لكن $m = e \times \text{غ}$ حتى يسير دون انحراف

$$m = 2 \times 10^{-27} \times 0.10 = 0.10 \times 10^{-27} \text{ فولت} / \text{م}$$

$$j = m \times v$$

$$j = 0.1 \times 10^{-27} \times 4.5 = 0.45 \times 10^{-28}$$

$$j = 0.45 \times 10^{-28} \text{ فولت} .$$

$$-4 \quad n = \frac{K e}{0.8 \text{ غ}}$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{0.15 \times 10^{-19}} = 0.2$$

$$\therefore e = 3 \times 10^{-19} \text{ م/ث}$$

المجال المغناطيسي

٥- سوف تستمر الجسيمات بالحركة دون انحراف في منطقة المجالين لأن قيمة السرعة التي تجعل الجسيم يسير دون انحراف لا تعتمد على كتلة أو شحنة الجسيم وتساوي النسبة (م / غ) , لكن بعد خروج الجسيمات من منطقة المجالين فإن :

النيوترون : يستمر دون انحراف , لأنه غير مشحون فتكون القوة المغناطيسية عليه صفراً .

جسيم بيتا (الإلكترون) : ينحرف باتجاه معاكس للبروتون لأنه سالب الشحنة , و بنصف قطر أصغر من ب ١٨٤٠ مرة من نصف قطر البروتون لأن نصف القطر يتناسب طردياً مع الكتلة .

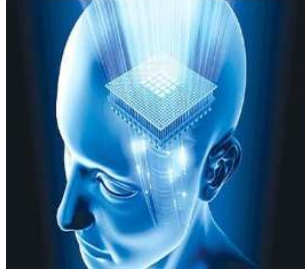
جسيم ألفا : ينحرف بنفس اتجاه البروتون و بنصف قطر أكبر بمرتين لأن كتلته أكبر بأربع مرات و شحنته أكبر بمرتين من شحنة البروتون . و نصف القطر يتناسب طردياً مع الكتلة و عكسياً مع الشحنة . وفق العلاقة :

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

اختبر نفسك



Exam #2



يحتوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات العليا

ثالثاً : القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل مستقيم يحمل تياراً كهربائياً

عندما يمر تيار كهربائي في موصل يتأثر الموصل بقوة مغناطيسية تسبب حركته ،
شاهد التجربة التالية التي توضح هذه الظاهرة ..



وتفسير ذلك ..

مرور تيار كهربائي في موصل يعني أن شحنات كهربائية تحركت باتجاه واحد في الموصل ، و من المعلوم لدينا الآن أنه إذا تحركت شحنة في مجال مغناطيسي بشكل غير مواز للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية ، فسيؤثر الموصل بقوة مغناطيسية هي محصلة القوى على الشحنات ، و إليك الإثبات ..

القوة على شحنة واحدة : $q = e \cdot n \cdot \Delta l$

$$q = e \cdot n \cdot \frac{l}{z} \cdot \Delta t \quad \text{لكن} \quad \frac{l}{z} = \frac{I}{I} \cdot \Delta t = \frac{I}{z} \cdot \Delta t$$

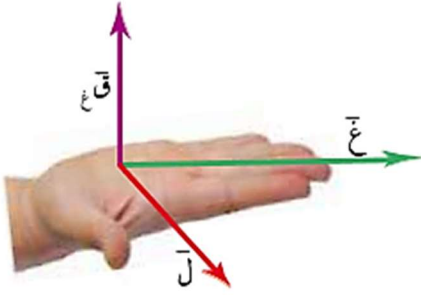
∴ $q = I \cdot \Delta t$ القوة على السلك هي محصلة القوى على جميع الشحنات



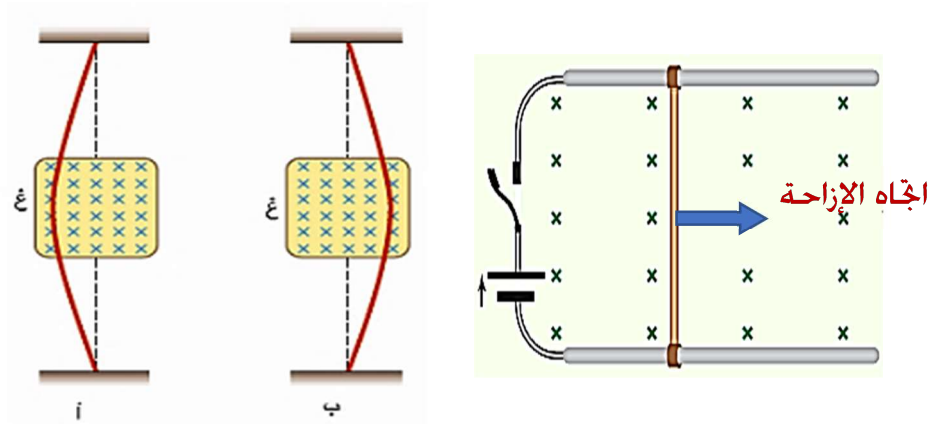
$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \theta$$

المجال المغناطيسي

يحدد اتجاه القوة المغناطيسية باستخدام قاعدة اليد اليمنى و هي نفس طريقة و اتجاه القوة المؤثرة على شحنة موجبة متحركة في المجال . و تكون أيضاً عمودية دائماً على المستوى الذي يضم الموصل و المجال .



و يحدد اتجاهها عملياً من اتجاه انحناء الموصل عندما يمر فيه تيار ، أو من اتجاه انحرافه إن كانت قابلاً للحركة كما في السكّلين المجاورين.



تحديد اتجاه القوة عملياً

العوامل التي تعتمد عليها القوة المؤثرة في موصل :

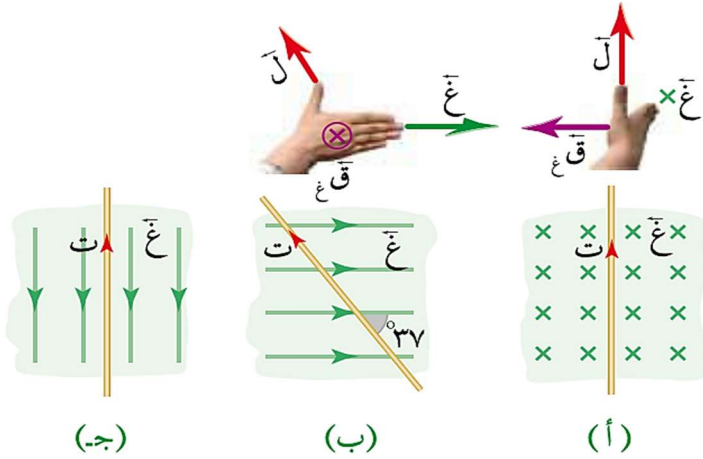
مقدار التيار الكهربائي و طول الموصل و مقدار المجال المغناطيسي و جيب الزاوية بين اتجاه السرعة و المجال ، وجميع العوامل تتناسب معها القوة تناسباً طردياً .

من الأجهزة التي يقوم مبدأ عملها على القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً :

- ١- مكبرات الصوت .
- ٢- المحرك الكهربائي ٣- الغلفانوميتر : (وهو جهاز يستخدم للكشف عن التيارات الصغيرة) .

المجال المغناطيسي

مثال (١): موصل مستقيم طوله (٢٠) سم يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤) أمبير , مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠.١) تسلا , أوجد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل في الحالات المبينة في الشكل المجاور .



الحل:

نحسب القوة المغناطيسية

بتطبيق العلاقة:

$$F = I L B \sin \theta$$

$$F_a = 4 \times 20 \times 0.1 \times \sin 90^\circ = 0.8 \text{ نيوتن}$$

$F_a = 0.8$ نيوتن، باتجاه المحور السيني السالب.

$$F_b = 4 \times 20 \times 0.1 \times \sin 0^\circ = 0$$

$F_b = 0$ نيوتن، باتجاه المحور الزيني السالب.

$$F_c = 4 \times 20 \times 0.1 \times \sin 90^\circ = 0.8 \text{ نيوتن}$$

مثال (٢): موصل مستقيم طوله (١٢٠) سم قابل للانزلاق

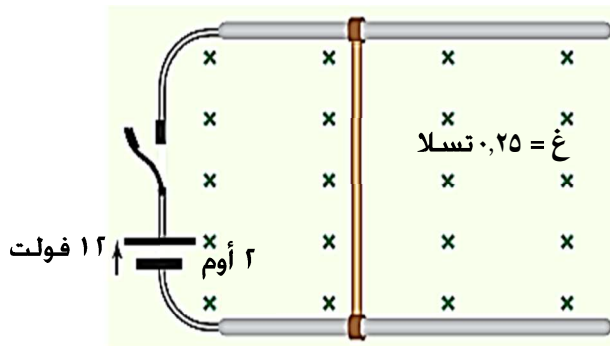
على سكة فلزية كما في الشكل المجاور أوجد ما يلي :

١- مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل .

٢- إذا تحرك بسرعة ثابتة مسافة (٢٠) سم احسب شغل

قوة الاحتكاك .

الحل:



[الإجابة : ١,٨ نيوتن , (س+) , -٠,٣٦ جول]

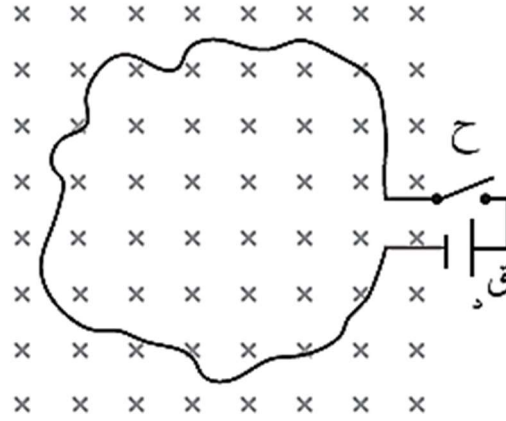


سؤال للتفكير ...



الإجابة

يمر فيها تيار كهربائي و كونها مغمورة في مجال مغناطيسي سوف يتأثر كل جزء منها بقوة مغناطيسية نحو مركز الحلقة حسب قاعدة اليد اليمنى فتنكمش الحلقة



ماذا يحدث للحلقة في الشكل المجاور عند غلق المفتاح ؟

مثال (٣): موصل مستقيم قابل للانزلاق يؤثر عليه مجال مغناطيسي منتظم (١٠) تسلا، كما في الشكل المجاور، احسب مقدار القوة الدافعة (ق د) التي تجعل الموصل متزناً، علماً أن كتلة وحدة الأطوال من مادة الموصل (٢٠) غ/سم.

الحل:

بما أن الموصل متزن تكون محصلة القوى عليه = صفر،

$$و = ق غ$$

$$ك ج د = ت ل غ جا \theta$$

$$\frac{ك}{ل} ج د = ت غ جا \theta$$

$$٢٠ \times ١٠ \times ٣ - ١٠ \times ١٠ \times ٢ = ١٠ \times ١٠ \times جا \theta$$

∴ ت = ٢ أمبير و من معادلة الدارة البسيطة نجد (ق د) ...

$$\therefore ق د = ٦ فولت .$$

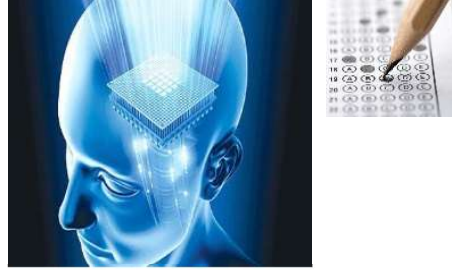
$$\frac{١٠ + ق د}{١ + ٧} = ٢$$

$$ت = \frac{\sum ق د}{\sum م}$$

اختبر نفسك



Exam #3



يحتوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات العليا

رابعاً : مصادر المجال المغناطيسي

توصل العالم أورستد إلى أن التيار الكهربائي هو أهم مصدر للمجال المغناطيسي حين لاحظ صدفةً انحراف الإبرة المغناطيسية قرب موصل يمر فيه تيار كهربائي ، و الفيديو التالي يوضح انحراف الإبرة المغناطيسية عند مرور تيار كهربائي بالقرب منها .



أورستد .. واكتشاف الأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي

ثم توالت أبحاث العلماء في هذا المجال ، فتمكن العالمان بيو و سافار تجريبياً من إيجاد صيغة رياضية للمجال المغناطيسي الناشئ عن التيار عُرِفَت **بقانون بيو - سافار** يعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta B = \frac{\mu}{4\pi r^2} I \sin \theta$$

حيث :

μ : النفاذية المغناطيسية للوسط ، فإذا كان الوسط فراغاً أو هواءً تكون $\mu = 10^{-7} \times \pi$ تسلا . م / أمبير

و بإجراء بعض العمليات الحسابية على هذا القانون نجد صيغ للمجال المغناطيسي الناتج عن :

- ١- موصل مستقيم طويل ٢- ملف دائري ٣- ملف لولبي و هذه هي فقط الحالات التي سندرسها :

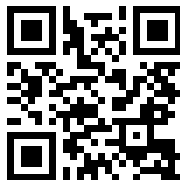
لن نستخدم هذا القانون في حل مسائل حسابية , فهو غير مطلوب في هذه المرحلة و نكتفي بمفهوم النفاذية المغناطيسية ..

المجال المغناطيسي

و يلخص الجدول التالي العلاقات الرياضية للمجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي , و شكل خطوط المجال المغناطيسي , و العوامل المؤثرة في مقدار المجال ...

العوامل التي يعتمد عليها	شكل خطوط المجال	الموقع	القانون	
١- النفاذية المغناطيسية للوسط ٢- التيار الكهربائي ٣- البعد عن الموصل	دوائر متحدة المركز , مركزها محور الموصل , مستواها عمودياً على الموصل (غير منتظم)	حول الموصل	$\frac{\mu I}{2\pi r}$	غ موصل
١- النفاذية المغناطيسية للوسط ٢- التيار الكهربائي ٣- نصف قطر الملف ٤- عدد لفات الملف	عمودية على مستوى الملف , خط مستقيم في المركز , تنحني ويزداد اجنأؤها كلما ابتعدنا عن المركز (منتظم في المركز)	في مركز الملف	$\frac{\mu I N}{2r}$	غ دائري
١- النفاذية المغناطيسية للوسط ٢- التيار الكهربائي ٣- طول الملف ٤- عدد لفات الملف	داخل الملف خطوطه متوازية و بالاتجاه نفسه (مجال منتظم)	داخل الملف و بعيداً عن الأطراف	$\frac{\mu I N}{l}$	غ لولبي

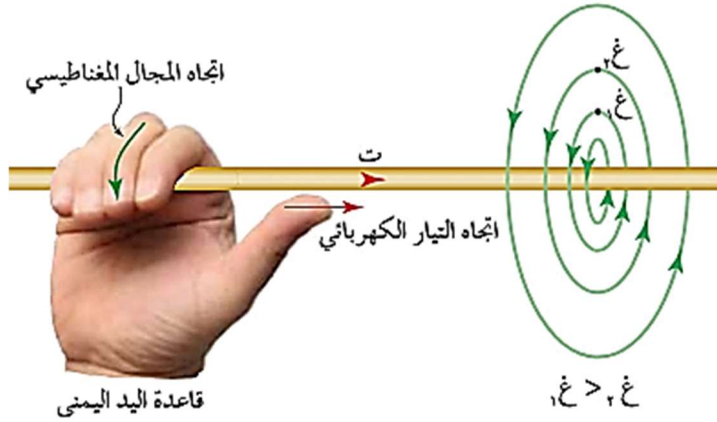
شاهد الفيديو التالي الذي يوضح المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي و كيفية تحديد اتجاه المجال المغناطيسي ..



المجال المغناطيسي

يحدد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن التيار حسب قاعدة اليد اليمنى (قاعدة قبضة اليد اليمنى)

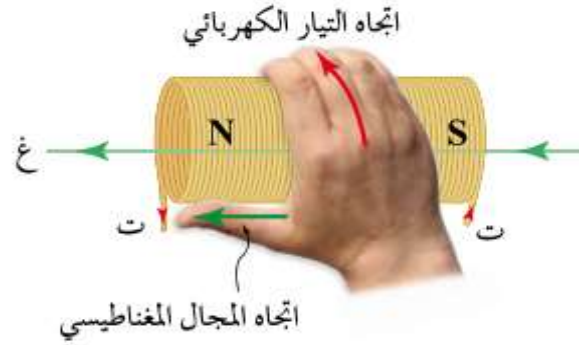
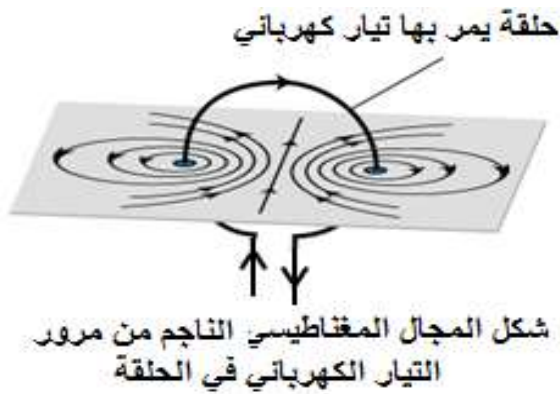
للموصل المستقيم :



نقبض على السلك باليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار و يشير دوران الأصابع إلى اتجاه المجال (وعند نقطة محددة نأخذ مماساً على خط المجال)

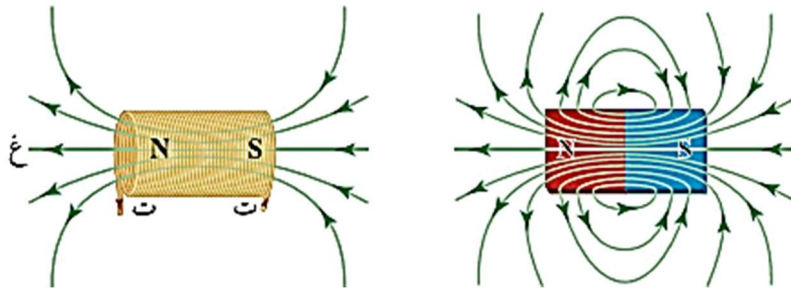
للملف الدائري و للملف اللولبي :

دوران الأصابع باتجاه التيار فيشير الإبهام إلى اتجاه المجال (القطب الشمالي)



ملاحظات :

- مجال الملف اللولبي يشبه مجال المغناطيس المستقيم إلا أنه يمتاز عنه بإمكانية التحكم في مقداره



و اتجاهه عن طريق التحكم في التيار الكهربائي و هذ هو ما يمتاز به المغناطيس الكهربائي عن المغناطيس الطبيعي بشكل عام .

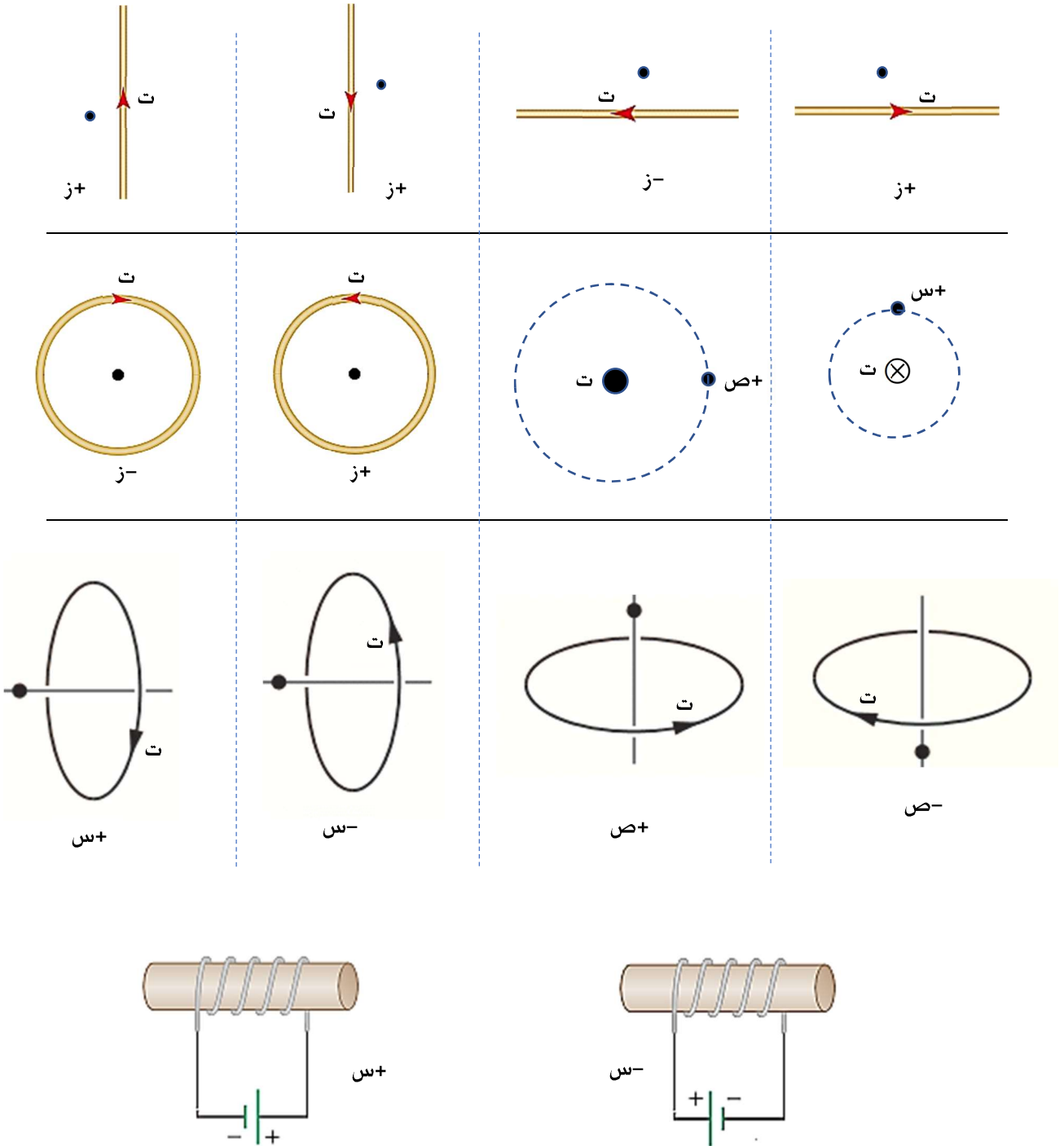
- كلما زاد تراص حلقات الملف

اللولبي زاد انتظام مجاله , فلذلك نستخدم أسلاكاً رفيعة و متراصة للحصول على مجال منتظم

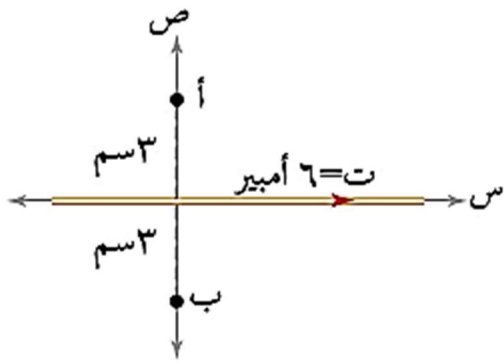
تماماً داخل الملف اللولبي .

المجال المغناطيسي

تدريب : حدد اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة المشار إليها في الأشكال التالية :



المجال المغناطيسي



مثال (1): في الشكل المجاور موصل مستقيم طويل يحمل تياراً كهربائياً (I) أمبير , أوجد ما يلي :

1- مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي عند كل من النقطتين (أ) و (ب)

2- القوة المغناطيسية المؤثرة على إلكترون لحظة مروره بالنقطة (ب) بسرعة (2 × 10⁶) م/ث باتجاه التيار .

الحل:

1- بما أن النقطتين (أ) و (ب) لهما البعد نفسه عن الموصل المستقيم فإن مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار في الموصل المستقيم عند كل منهما (غ) ، و (غ) متساوي ، ويحسب من العلاقة:



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

$$B_A = B_B = \frac{6 \times 10^{-10} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-3} \times \pi \times 2}$$

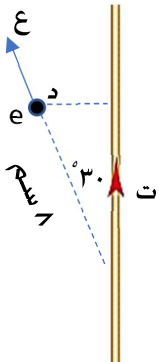
$$= 4 \times 10^{-6} \text{ تسلا}$$

ولتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) نطبق قاعدة اليد اليمنى ، وبأخذ اتجاه المماس لخط المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) ، يكون اتجاهه نحو المحور الزيني الموجب ⊙ . أما عند النقطة (ب) فيكون نحو المحور الزيني السالب ⊗ .

$$2- F = qvB \sin \theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6} \times \sin 90^\circ = 1.28 \times 10^{-18} \text{ نيوتن (-ص) .}$$

مثال (2): تأثر إلكترون بقوة (9.6 × 10⁻¹⁸) نيوتن عندما مرّ بالنقطة (د) في الشكل المجاور بسرعة (2 × 10⁶) م/ث أوجد مقدار التيار في الموصل و اتجاه القوة على الإلكترون .

[الإجابة : I = 6 أمبير , اتجاه القوة : 10⁰]



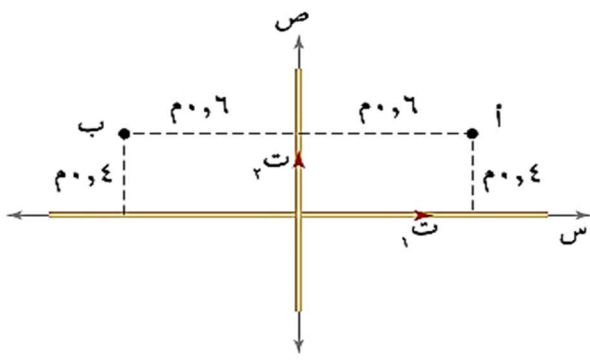
الحل:



المجال المغناطيسي

مثال (٣): أوجد المجال المغناطيسي المحصل عند كل من النقطتين (أ) و (ب) ، علماً أن قيمة كل تيار (١٢) أمبير

الحل:



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{12 \times 10^{-7} \times \pi 4}{0.4 \times \pi 2}$$

$$B_1 = 6 \times 10^{-6} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$

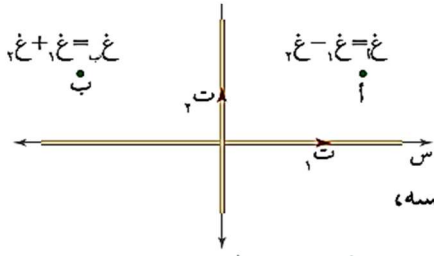
$$B_2 = 4 \times 10^{-6} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب } \otimes$$

$$B_{\text{المحصلة}} = B_1 - B_2 = 2 \times 10^{-6} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$

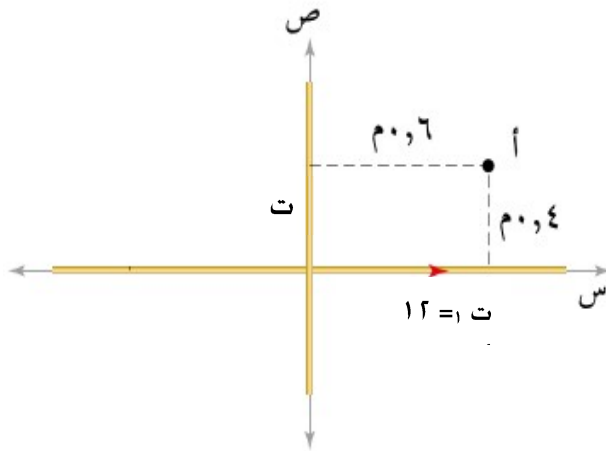
■ أما عند النقطة (ب) والتي لها بعد النقطة (أ) نفسه عن السلكين فإن المجالين بالاتجاه نفسه،

ولهذا يكون المجال المغناطيسي المحصل:

$$B_{\text{المحصلة}} = B_1 + B_2 = 10 \times 10^{-6} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب } \odot$$



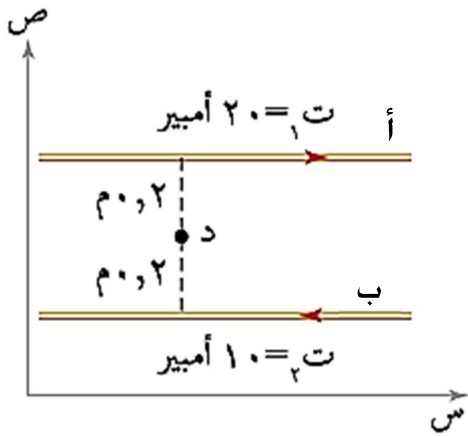
***مثال (٤):** تأثر بروتون بقوة (٣,٢ × ١٠^{-١٩}) نيوتن (-ص) لحظة مروره بالنقطة (أ) بسرعة (١ × ١٠^٦) م/ث باتجاه محور السينات الموجب . أوجد مقدا و اتجاه التيار (ت) [الإجابة : ١٢ أمبير، للأعلى]



الحل:



المجال المغناطيسي



مثال (5): في الشكل المجاور موصلان مستقيمان يحملان تيارين

كهربائيين، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل أوجد ما يلي:

- القوة المؤثرة على شحنة (- 5) ميكروكولوم، لحظة مرورها بالنقطة (د) بسرعة (2 × 10⁶) م/ث باتجاه محور السينات السالب.
- بعد النقطة (أو النقاط) التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي.

الحل:

١- نجد أولاً محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (د) ..

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{2\pi \times 0.2} = 2 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.2} = 1 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

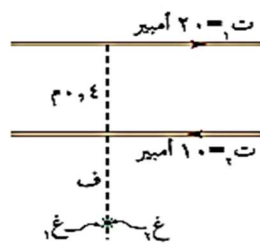
وعليه، يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د) حاصل جمع المجالين:

$$\vec{B}(\text{المحصلة}) = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 3 \times 10^{-5} \text{ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.}$$

ثم نستخدم قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة:

$$F = qvB \sin \theta = 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-5} \times 1 = 9 \times 10^{-5} \text{ نيوتن، (-ص).}$$

٢- لكي ينعدم المجال المغناطيسي (عصلا = صفر)، يجب أن يكون المجالان الناشئان عن الموصلين متساويين مقداراً ومتعاكسين اتجاهًا، ويتحقق ذلك في المنطقة الواقعة خارج الموصلين من جهة التيار الأصغر، وعلى بعد (ف) منه كما في الشكل (٥-٢٧/ب):



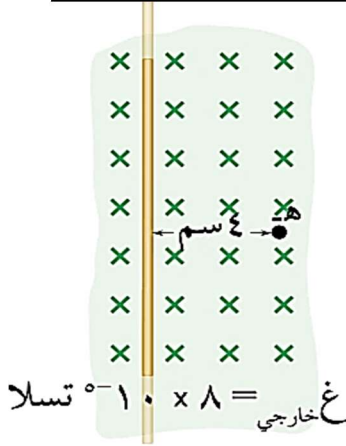
$$\begin{aligned} B_1 &= B_2 \\ \frac{\mu_0 I_1}{2\pi (f+0.4)} &= \frac{\mu_0 I_2}{2\pi f} \\ \frac{20}{f+0.4} &= \frac{10}{f} \end{aligned}$$

$$20f = 10(f+0.4) \Rightarrow f = 0.4 \text{ م}$$

ينعدم المجال المغناطيسي عند النقاط جميعها الواقعة على خط مستقيم يوازي الموصلين

وعلى بعد (٠,٤) م عن الموصل الثاني، و (٠,٨) م عن الموصل الأول.

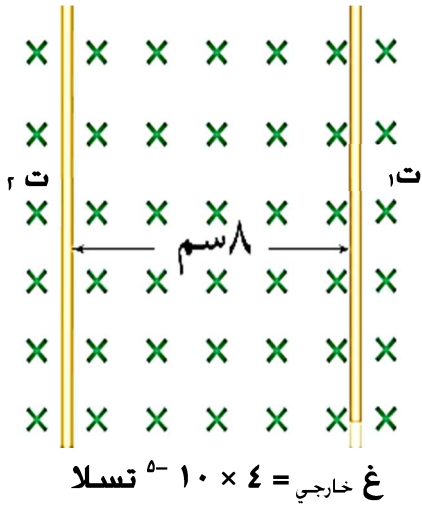
المجال المغناطيسي



مثال (٧): في الشكل المجاور موصل طويل و مستقيم مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (8×10^{-5} تسلا , أثرت قوة مقدارها (١) ملي نيوتن نحو (+ص) في شحنة سالبة مقدارها (٢) ميكروكولوم لحظة مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (5×10^6 م/ث باتجاه (-س) , أوجد مقدار و اتجاه التيار في الموصل.

الحل:

[الإجابة : ٤ أمبير (+ص)]



مثال (٨): أوجد مقدار و اتجاه التيارين في الموصلين علماً أن الموصلين متزان.

الحل:

بما أن الموصلين متزان فإن محصلة المجال المغناطيسي عند كل موصل

= صفر . (أو محصلة القوى على كل موصل = صفر)

غ خارجي = - عند ٢ (أي أن اتجاه مجال (٢) في موقع التيار الأول (+)

$$\frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = 4 \times 10^{-5} \text{ تسلا} \text{ و حسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه } r_2 \text{ للأسفل .}$$

$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = 4 \times 10^{-5} \text{ تسلا} \text{ و بنفس الطريقة}$$

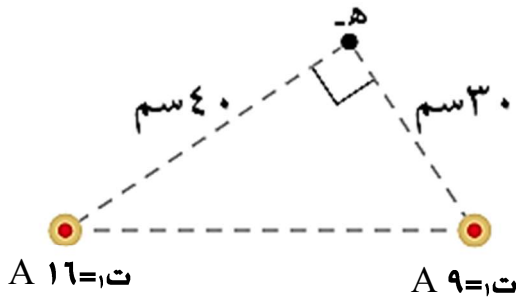
نجد $r_1 = 16$ أمبير للأعلى .

مثال (٩): في الشكل المجاور موصلان مستقيمان عموديان على مستوى

الورقة , اعتماداً على الشكل أوجد ما يلي :

١- بعد نقطة عن أحد الموصلين ينعدم عندها المجال المغناطيسي .

٢- مقدار و اتجاه المجال المحصل عند النقطة (هـ) .



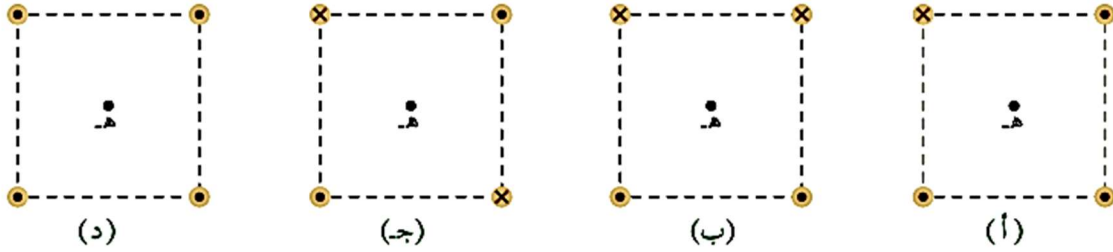
[الإجابة : (١) ١٨ سم عن (٢) (1×10^{-5} تسلا , $\theta = 0,75$)]



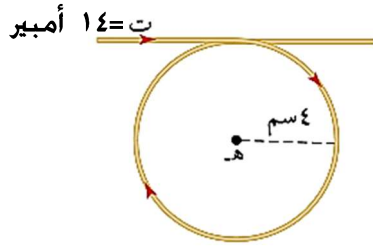
الحل:

المجال المغناطيسي

مثال (١٠): في الشكل المجاور أربعة توزيعات لموصلات مستقيمة طويلة يمر فيها تيارات كهربائية متساوية عند رؤوس مربع، رتب التوزيعات تنازلياً حسب مقدار محصلة المجال عند النقطة (هـ).



[الإجابة : ب < أ < ج = د]



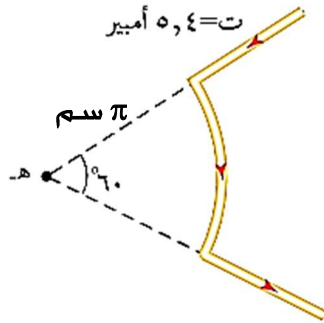
مثال (١١): في الشكل المجاور أوجد محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ)



[الحل:](#)



[الإجابة : 1.9×10^{-5} تسلا , (- ز)]



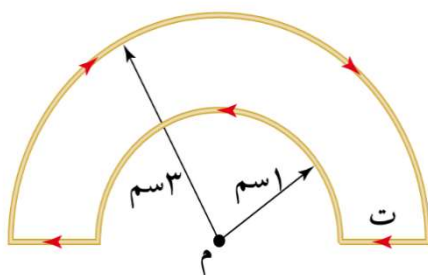
مثال (١٢): في الشكل أوجد المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ)



[الحل:](#)



[الإجابة : 1.8×10^{-5} تسلا , (- ز)]



مثال (١٣): في الشكل المجاور إذا كانت محصلة المجال المغناطيسي عند

النقطة (م) تساوي $1.0 \times \pi$ تسلا , أوجد مقدار التيار الكهربائي , ثم حدد اتجاه المجال المغناطيسي .



[الحل:](#)



[الإجابة : ٦ أمبير , اتجاه محصلة المجال (+ ز)]

المجال المغناطيسي

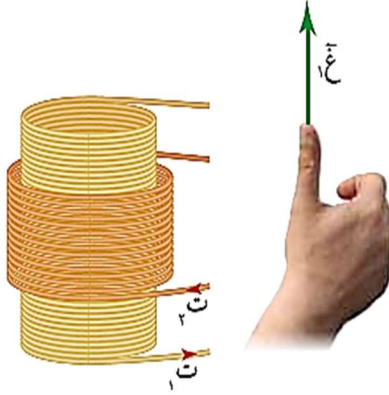
مثال (١٤): في الشكل المجاور ملف لولبي عدد لفاته (١٥) لفة لكل (١) سم من طوله، يمر فيه تيار (٨) أمبير، ويحيط فيه ملف دائري عدد لفاته (٢٠٠٠) لفة، وطوله (٢٤) سم،

يمر فيه تيار (٣) أمبير باتجاه معاكس لتيار الملف اللولبي، أوجد ما يلي:

١- المجال المحصل في المركز المشترك للملفين.

٢- ما قيمة التيار في الملف اللولبي اللوم حتى ينعدم المجال في مركز الملفين.

الحل:



$$\begin{aligned} \text{٢- } \bar{G}_1 &= \bar{G}_2 \\ \frac{\mu_0 N_2 I_2}{L} &= \mu_0 N_1 I_1 \\ \frac{2000 \times I_2}{24} &= 15 \times 8 \\ I_2 &= 1,44 \text{ أمبير} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{١- } \bar{G}_1 &= \mu_0 N_1 I_1 = 2 \times 10^{-4} \times 15 \times 8 = 2,4 \times 10^{-3} \text{ تيسلا، باتجاه (+ص).} \\ \bar{G}_2 &= \frac{\mu_0 N_2 I_2}{L} = \frac{2000 \times 3 \times 10^{-4}}{24} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ تيسلا، باتجاه (-ص).} \\ \bar{G} &= \bar{G}_1 - \bar{G}_2 = 2,4 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3} = -0,1 \times 10^{-3} \text{ تيسلا، باتجاه (-ص).} \end{aligned}$$

مثال (١٥):

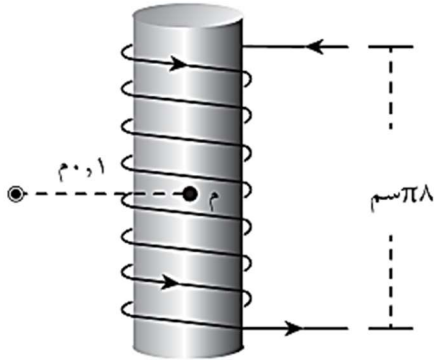
يبين الشكل موصلاً مستقيماً لا نهائي الطول يسري فيه تيار (١٥) أمبير، وملفًا لولبيًا عدد لفاته (٤٠) لفة، وطوله (٨π) سم، ويسري فيه تيار (٤،٠) أمبير، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، جد:

(١) المجال المغناطيسي عند النقطة (م).

(٢) القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون شحنته

(-٢ × ١٠^{-١٦}) كولوم لحظة مروره بالنقطة (م) بسرعة

(١ × ١٠^٦) م/ث باتجاه (+ص).



الحل:

$$(1) \text{ غ حاصل} = \text{غ مستقيم} + \text{غ لولبي}$$

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \text{غ مستقيم}$$

$$\text{غ مستقيم} = \frac{10 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{0,1 \times \pi \times 2} = 10^{-6} \times 3 = 3 \times 10^{-6} \text{ تسلا، باتجاه (+ص)}$$

$$\text{غ لولبي} = \frac{\mu_0 N}{l} = \frac{40 \times 0,4 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times \pi \times 8} = 10^{-6} \times 8 = 8 \times 10^{-6} \text{ تسلا باتجاه (+ص)}$$

$$\text{غ حاصل} = \text{غ مستقيم} + \text{غ لولبي}$$

$$\text{غ حاصل} = 10^{-6} \times 3 + 10^{-6} \times 8 = 10^{-6} \times 11 = 11 \times 10^{-6} \text{ تسلا باتجاه (+ص)}$$

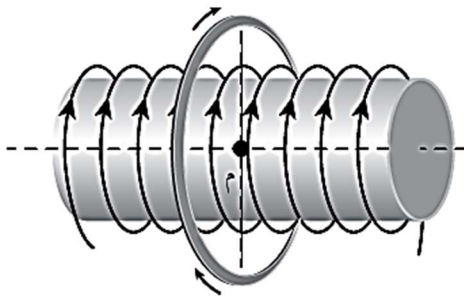
$$\theta = 90^\circ$$

$$(2) \text{ ق غ} = \text{ق غ جا } \theta$$

$$\text{ق غ} = 10^{-6} \times 2 \times 10^{-1} \times 11 \times 10^{-1} = 22 \times 10^{-9} \text{ نيوتن، باتجاه (-ز) (لاحظ أن الشحنة سالبة)}$$

مثال (11):

ملف لولبي، عدد لفاته (50) لفة، وطوله (20) سم، يسري فيه تيار (2) أمبير بالاتجاه المبين في



الشكل، لُف حوله ملف دائري حيث ينطبق مركز

الملف الدائري على محور الملف اللولبي، فإذا كان

نصف قطر الملف الدائري (4π) سم، وعدد لفاته

(80) لفة، ويمر فيه تيار (1) أمبير، وحيث إن:

$$(3,14 = \pi) \text{ جد:}$$

أ) المجال المغناطيسي عند النقطة (م) مقدارًا

واتجاهًا.

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون شحنته (1 × 10⁻⁶) كولوم لحظة مروره من

النقطة (م) بسرعة (2 × 10⁴) م/ث باتجاه (+ز).

الحل:

$$أ) \text{ غ دائري} = \frac{\mu_0 I N}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{2 \times 10 \times \pi \times 4 \times 2} = 10^{-4} \text{ تسلا باتجاه (-س).}$$

$$\text{غ لولبي} = \frac{\mu_0 I N}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{2 \times 10 \times 20} = 10^{-4} \times 62,8 \text{ تسلا باتجاه (-س).}$$

$$\text{غ محصل} = \text{غ دائري} + \text{غ لولبي}$$

$$\text{غ محصل} = 10^{-4} \times 40 + 10^{-4} \times 62,8 = 10^{-4} \times 102,8 \text{ تسلا باتجاه (-س).}$$

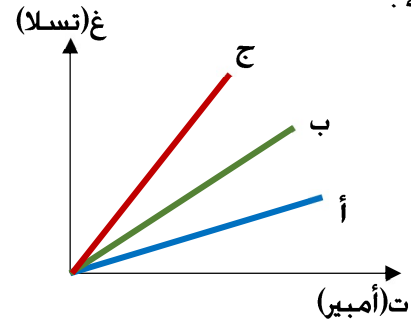
$$\theta = 90^\circ$$

$$ب) \text{ ق غ} = \text{س غ جا } \theta$$

$$\text{ق غ} = 10^{-4} \times 102,8 \times \cos 90^\circ = 10^{-4} \times 102,8 \times 0 = 0 \text{ نيوتن، باتجاه (-ص).}$$

مثال (17): في الشكل المجاور علاقة بيانية بين التيار الكهربائي و المجال المغناطيسي المتولد في ثلاثة ملفات لولبية مختلفة (أ، ب، ج) وجانبه جدول يبين الأبعاد الهندسية لهذه الملفات، حدد لكل ملف المنحنى الذي يناسبه.

نصف القطر	عدد اللفات	طول الملف	
نق	ن	ل	ملف ١
٢ نق	٢ ن	٠,٥ ل	ملف ٢
٤ نق	ن	٢ ل	ملف ٣

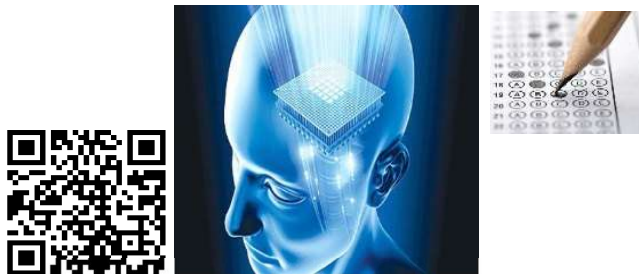


[الإجابة : ملف ١ هو الملف ب ، ملف ٢ هو الملف ج ، ملف ٣ هو الملف أ]

اختبر نفسك



Exam #4



يحتوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات

مسائل إضافية

الإجابة

١- الجسم (٣) متعادل لأنه لم ينحرف. والجسم (٢) موجب لأنه انطبقت عليه قاعدة اليد اليمنى. أما الجسمان (١) و (٤) سالبان لأنهما سلكا مساراً معاكساً للمسار الناتج عن تطبيق قاعدة اليد اليمنى.

٢- نصف القطر يتناسب عكسياً مع مقدار الشحنة فالشحنة مع الأكبر لها نصف قطر أصغر، و نعلم أن أصغر قيمة للشحنة هي صفر و ليس السالب فيكون الترتيب التنازلي:

$$(٤) < (١) < (٢) < (٣) = \text{صفر}$$

٣- نصف القطر يتناسب طردياً مع كل من السرعة و الكتلة، فسيزداد نصف القطر أربعة أضعاف.

٤- القوة تتضاعف مرتين، نصف القطر يتنصف، الطاقة الحركية ثابتة.

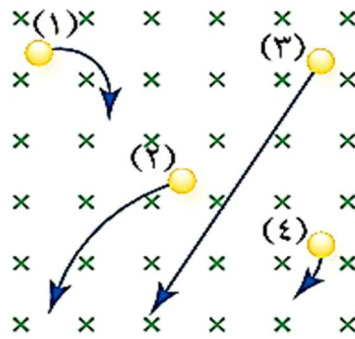


الإجابة س ٢:

١- متساوية ٢- $(غ_١) < (غ_٢)$

٣- \otimes ، \otimes : غ

٣- صفر للمجالين



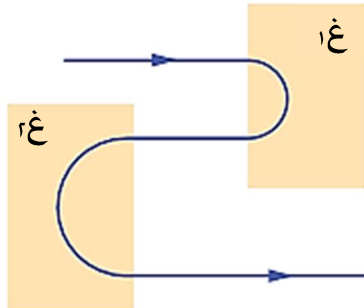
س ١: أدخلت أربعة جسيمات متماثلة في الكتلة و السرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم، فاخذت المسارات الموضحة في الشكل المجاور، أجب عما يلي:

١- حدد نوع شحنة كل جسيم.

٢- رتب الجسيمات تنازلياً وفق مقدار شحنة كل منها.

٣- ماذا يحدث لنصف قطر المسار الذي تسلكه إذا تضاعفت سرعتها و كتلتها مرتين؟

٤- إذا تضاعف المجال ضعفين، فماذا سيحدث لكل من: القوة و نصف قطر المسار، و الطاقة الحركية للجسيمات.



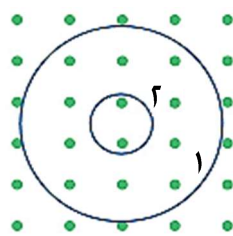
س ٢: قذف إلكترون بسرعة ابتدائية افقية باتجاه منطقة مجالات مغناطيسية فاخذ المسار الموضح في الشكل المجاور، أجب عما يلي:



١- قارن سرعة الجسيم في المجالين.

٢- قارن بين المجالين (غ_١) و (غ_٢) من حيث المقدار و الاتجاه.

٣- قارن بين الشغل الذي يبذله المجالين على الجسيم.

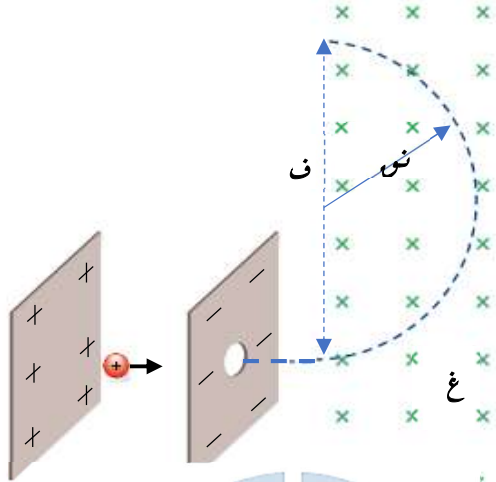


س ٣: يتحرك إلكترون و بروتون في مجال مغناطيسي منتظم في مسارين دائريين كما في الشكل المجاور، حدد أي المسارين للإلكترون و أيهما للبروتون، ثم حدد اتجاه حركة كل جسيم.

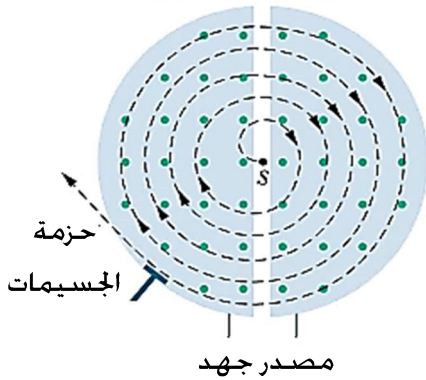
[المسار (١) للبروتون، و باتجاه عقارب الساعة، والمسار (٢) للإلكترون، و باتجاه عكس عقارب الساعة.]

المجال المغناطيسي

س ٤ : سرّع بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين فرق الجهد بينهما (ج) كما في الشكل المجاور. أثبت أن نصف قطر المسار الذي يسلكه الإلكترون يعطى بالعلاقة :



$$ن = \frac{1}{غ} \sqrt{\frac{2 ج ك}{س}}$$



س ٥ : يُراد تسريع بروتونات لغاية (١,٠ س) { حيث س سرعة الضوء = 3×10^8 م/ث } باستخدام مسارع دائري، و يتعرض البروتون لمجال مغناطيسي منتظم (١,٥) تسلا عمودياً على سرعة البروتون احسب أقل مساحة ممكنة للمسارع.



(اعتبر نسبة شحنة البروتون إلى كتلته 1×10^{-11} كولوم/كغ)

[الجواب : $10^{-10} \times \pi \times 4$ م²]

س ٦ : قذف جسيमान (س) و (ص) متساويان في الشحنة في جهاز مطياف الكتلة فاختذا المسارين الموضحين في الشكل المجاور، أجب عما يلي :



١- ما اسم الجهاز المشار إليه بالرمز (أ)

٢- أيهما أسرع الجسيم (س) أم (ص) و لماذا؟

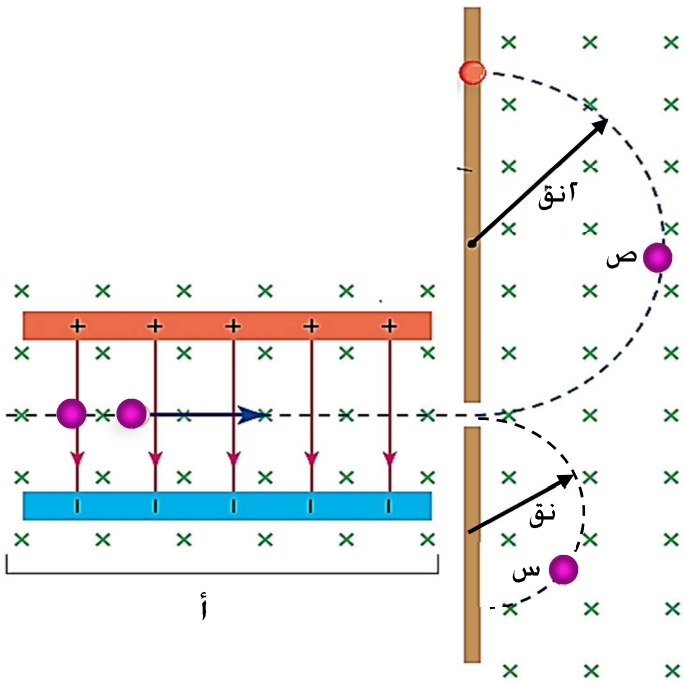
٣- ما نوع شحنة كل جسيم.

٤- احسب النسبة بين كتلتيهما.

٥- احسب شغل كل من القوة الكهربائية و المغناطيسية على الجسمين.

٦- ماذا يحدث لو تضاعفت الكميات التالية مرتين :

(أ) السرعة، (ب) الكتلة (ج) الشحنة؟





١- منتقي السرعة.

٢- نفس السرعة لأنهما حركتا في خط مستقيم داخل جهاز منتقي السرعة فحققت سرعتيهما نسبة (م / غ).

٣- شحنة (ص) موجبة , وشحنة (س) سالبة

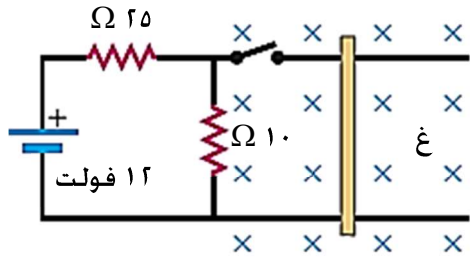
٤- ك ص : ك س = ٢ : ١

٥- صفر , القوتان متعامدتان على السرعة (و بالتالي على الإزاحة) فيكون ش = ق ف جتا θ = صفر .

٦- أ) تضاعف السرعة :سوف تزداد القوة المغناطيسية و تصبح أكبر من الكهربائية فينحرف (ص) أعلى الفتحة و (س) اسفلها , فلن يخرج من جهاز منتقي السرعة .

ب) تضاعف الكتلة : تبقى محصلة قوة لورنتز صفر , فيخرج و يتضاعف نصف قطر المسار الدائري .

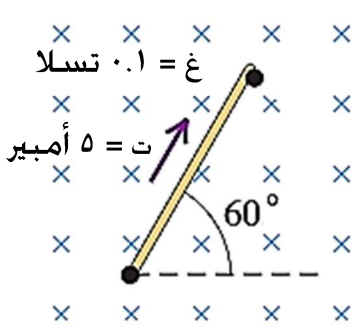
ج) تضاعف كل من القوة الكهربائية و المغناطيسية فتبقى قوة لورنتز صفر , فيخرج و يتنصف نصف القطر .



س ٧ : عند غلق المفتاح ت أثر الموصل بقوة (٠.٤٨) نيوتن , احسب مقدار المجال المغناطيسي , وحدد اتجاه القوة المغناطيسية , علماً أن طول الموصل (٠,٥) م .



[الإجابة : ٢ تسلا , القوة لليمين]



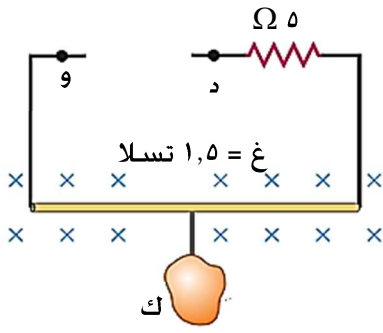
س ٨ : أوجد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل في الشكل المجاور .



[الإجابة : ٠,٥ نيوتن / م , ١٥٠ °]

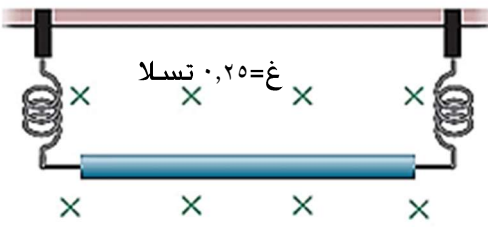
المجال المغناطيسي

س ٩ : أوجد مقدار واتجاه القوة الدافعة اللازمة وصلها بين النقطتين (د) و (هـ) لرفع نقل (١,٤) كغ , علماً أن طول الموصل (٤٠) سم و كتلته (٠,١) كغ



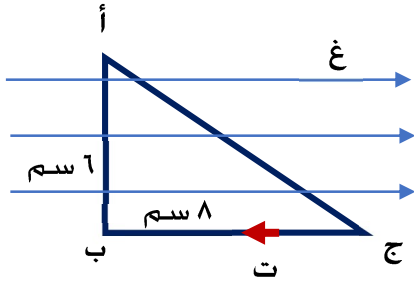
[الإجابة : ١٢٥ فولت , من (و) إلى (د)]

س ١٠ : أوجد مقدار واتجاه التيار في الموصل بحيث ينعدم الشد في النابضين في الشكل المجاور علماً أن كتلة وحدة الأطوال من مادة الموصل (٤) غ / سم .



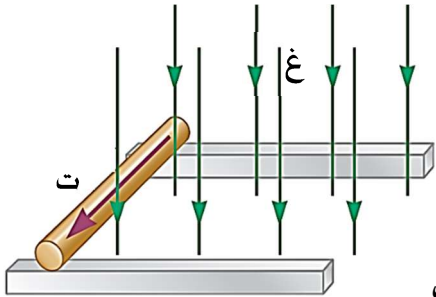
[الإجابة : ١٦ أمبير , لليمين]

س ١١ : في الشكل المجاور أوجد ملف مثلث الشكل يمر فيه تيار كهربائي و مغمور في مجال مغناطيسي منتظم , أيهما أكبر القوة على الضلع (أ ب) أم القوة المغناطيسية على الضلع (أ ج) ؟



[الإجابة : متساويتان في المقدار و متعاكستان في الاتجاه]

*س ١٢ : موصل مستقيم يتحرك بحرية على سكتين فلزيتين كما في الشكل المجاور , كتلة وحدة الأطوال من مادته (٠,٢) كغ/م , يمر فيه تيار كهربائي (٥) أمبير , مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٤) تسلا , احسب تسارع الموصل .

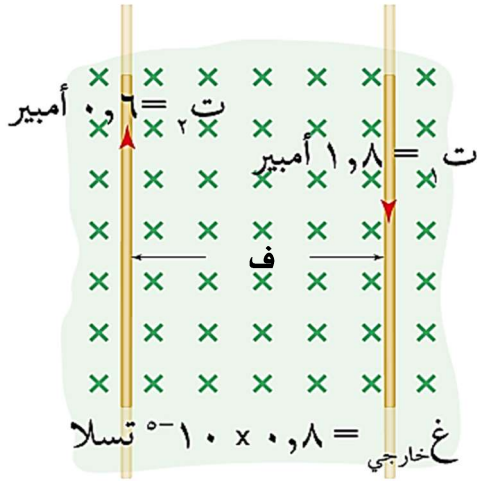


الحل :

$$F = BIL \sin \theta = \frac{mg}{k} = \frac{m}{k} \times \frac{g}{l}$$

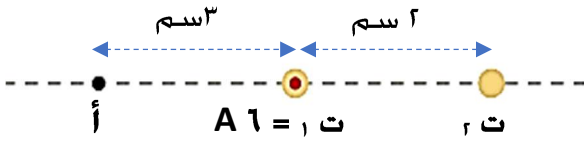
$$T = \frac{m}{k} \times \frac{g}{l} = \frac{0.2 \times 9.8}{0.2} = 9.8 \text{ م/ث}^2$$

المجال المغناطيسي



س ١٣: في الشكل المجاور إذا علمت أن محصلة القوة المؤثرة وحدة الأطوال من الموصل (س) تساوي (٢.٢٨ × ١٠^{-٥} نيوتن / م ، أوجد البعد بين الموصلين .

[الإجابة : ١,٢ سم]



س ١٤: موصلان مستقيمان يحملان تيارين كهربائيين عموديان على مستوى الورقة ، كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن النقطة (أ) نقطة تعادل أوجد ، القوة التي يؤثر فيها السلك الأول في متر واحد من السلك الثاني .

[الإجابة : ٦٠ × ١٠^{-٥} نيوتن / م ، (- ز)]

س ١٥: يُراد معرفة نسبة شحنة جسيم ذري إلى كتلته باستخدام جهاز مطياف الكتلة ، إذا استخدم مجال مغناطيسي (٢) تسلا ، و مجال كهربائي (١٠) نيوتن / كولوم ، يصطدم الجسيم في المجس الحساس على بعد (١٠) سم من فتحة خروجه من المجالين . فكم تكون نسبة شحنته إلى كتلته ؟



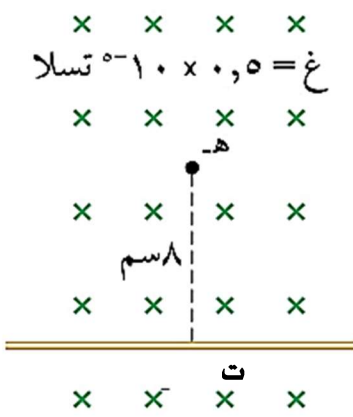
الحل:

$$\text{ن} = \frac{\text{ك} \cdot \text{ع}}{\text{غ} \cdot \text{س}} \quad \text{لكن} \quad \text{ع} = \frac{\text{م}}{\text{غ}} \quad \therefore \quad \text{ن} = \frac{\text{ك} \cdot \text{م}}{\text{غ} \cdot \text{س}}$$

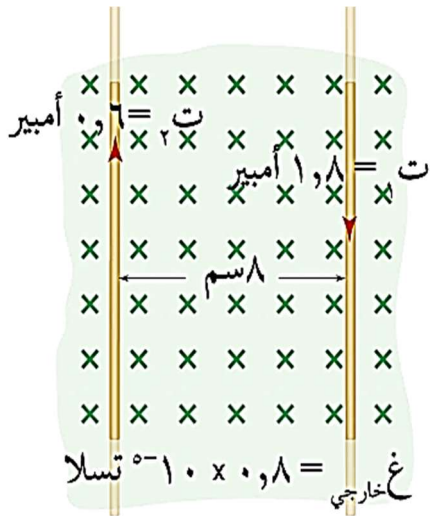
$$\text{فتكون:} \quad \frac{\text{م}}{\text{ن} \cdot \text{غ}} = \frac{\text{س} \cdot \text{ك}}{\text{ك}}$$

$$\frac{\text{م}}{\text{ك}} = \frac{\text{س} \cdot \text{ك}}{\text{ن} \cdot \text{غ}} = \frac{١٠ \cdot \text{ك}}{٢٢ \times ٢ \cdot ١٠ \times ٥} = ٥ \times ١٠ \text{ كولوم / كغ}$$

المجال المغناطيسي

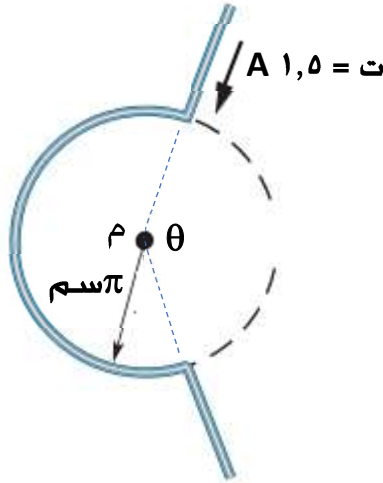


س ١٦ : في الشكل المجاور موصل مستقيم يحمل تياراً ، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (10^{-10} تسلا) ، إذا كانت القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (4×10^{-10} نيوتن/م باتجاه محور الصادات الموجب ، أوجد مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في شحنة سالبة مقدارها (٢) نانوكولوم لحظة مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (400 م/ث باتجاه محور السينات السالب .
 [الإجابة : 12×10^{-12} نيوتن (-ص)]

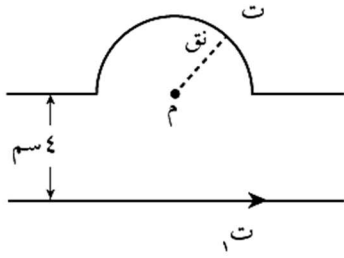


س ١٧ : اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور . أوجد ما يلي:
١- مقدار و اتجاه المجال المحصل عند الموصل الثاني .
٢- القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الثاني .
 [الإجابة : ١- $1,25 \times 10^{-10}$ تسلا (-ز) ، ٢- $0,75 \times 10^{-10}$ م/ث (-س)]

س ١٨ : في الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (م) يساوي 2×10^{-10} تسلا ، أوجد مقدار الزاوية (θ) .
 [الإجابة : 240°]



س ١٩ :



يمثل الشكل موصلًا مستقيمًا يسري فيه تيار (ت = ٨ أمبير)، وموصلًا آخر ضنع منه نصف لفة نصف قطرها (π) سم ويسري فيه تيار (ت)، جد مقدار التيار (ت) وحدد اتجاهه، إذا علمت أن المجال المحصل عند النقطة (م) يساوي صفرًا.

الحل

نحدد اتجاه غمستيم عند النقطة (م) باستخدام قاعدة اليد اليمنى فيكون نحو (+z)، وبما أن (غحصل = ٠)؛ فإن غ دائري نحو (-z)، وبتطبيق العلاقة:

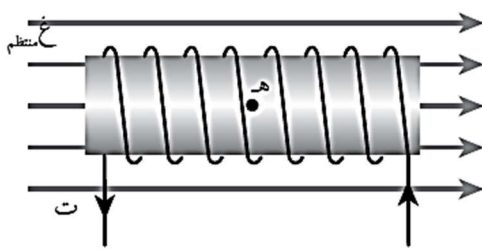
$$\text{غ مستقيم} = \text{غ دائري}$$

$$\frac{\mu_0 t}{\pi r} = \frac{\mu_0 t}{2r} \quad \text{حيث } n = 0,5 \text{ لفة}$$

$$\frac{0,5 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{10^{-7} \times \pi \times 2} = \frac{8 \times 10^{-7} \times \pi \times 4}{10^{-7} \times 4 \times \pi \times 2}$$

ت = ٤ أمبير مع عقارب الساعة.

س ٢٠ :



ملف لولبي مغمور كليًا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٩ × ١٠^{-٣}) تسلا باتجاه يوازي محور الملف كما في الشكل، إذا علمت أن عدد لفات الملف (١٠٠) لفة وطوله (٢٢) سم، ويسري فيه تيار (٧) أمبير، جد ما يأتي:

أ) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) الواقعة على محور الملف.

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة في بروتون لحظة مروره من النقطة (هـ) بسرعة (٥ × ١٠^{-٦}) م/ث باتجاه (+ص).

الحل:

$$\frac{\mu_0 I}{L} = \text{غ لولبي (أ)}$$

$$\text{غ لولبي} = \frac{100 \times 7 \times 10^{-10} \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-22}} = 3 \times 10^{-3} \text{ تسلا ، باتجاه (-س)}$$

$$\text{غ حاصل} = \text{غ خارجي} - \text{غ لولبي}$$

$$\text{غ حاصل} = 3 \times 10^{-3} \times 9 - 3 \times 10^{-3} \times 4 = 3 \times 10^{-3} \times 5 \text{ تسلا باتجاه (+س)}.$$

$$(1 = 90^\circ = \theta)$$

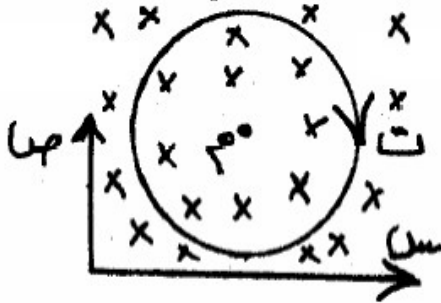
$$\text{ب) ق غ} = r \sin \theta$$

$$\text{ق غ} = 1 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-10} \times 10^{-10} \times 4 = 1 \times 10^{-38} \text{ نيوتن ، باتجاه (-ز)}.$$

للحصول على شرح فيديو للأسئلة تواصل معنا على صفحة الفيس بوك : [f Rasheed. physics](https://www.facebook.com/Rasheed.physics)

* * * *

وزارة ٢٠٠٨ دورة شتوية :



ملف دائري عدد لفاته (٧) لفات ، ونصف قطره (4×10^{-2}) م ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٢) أمبير ، مغمور في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (1×10^{-5}) تسلا ، كما في الشكل : أولاً :

(١) احسب مقدار و اتجاه المجال المحصل في مركز الملف (م) .

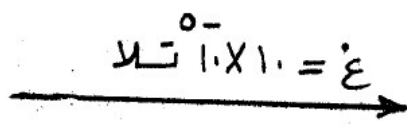
(٢) ما اسم القاعدة التي اتبعتها لتحديد اتجاه المجال عند مركز الملف (م) .

(٣) احسب مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية التي يؤثر فيها المجال المحصل في شحنة (-1×10^{-3}) كولوم تتحرك باتجاه يوازي محور السينات الموجب بسرعة (1×10^3) م/ث .

ثانياً : يسلك الجسيم المشحون مساراً دائرياً عند دخوله مجال مغناطيسي منتظم عمودياً على مساره . فسر ذلك .



وزارة ٢٠٠٨ دورة صيفية :

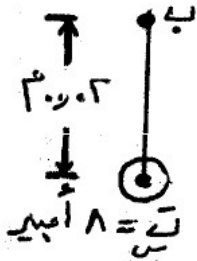


(س) سلك طويل مستقيم لا نهائي، يحمل تياراً كهربائياً مقداره (٨) أمبير باتجاه خارج من الصفحة ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (1×10^{-5}) تسلا كما في الشكل المجاور ، بالاستعانة بالله ثم بالقيم المثبتة على الشكل احسب:

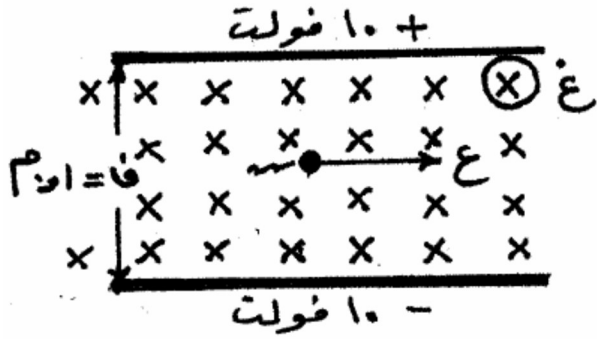
١- القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (س) .

٢- محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (ب) .

٣- وزن جسيم شحنته $(+4 \times 10^{-9})$ كولوم لحظة مروره من النقطة (ب) محافظاً على اتجاه حركته بسرعة (10^7) م/ث و باتجاه عمودي على الصفحة للأعلى .



وزارة ٢٠٠٩ دورة شتوية :

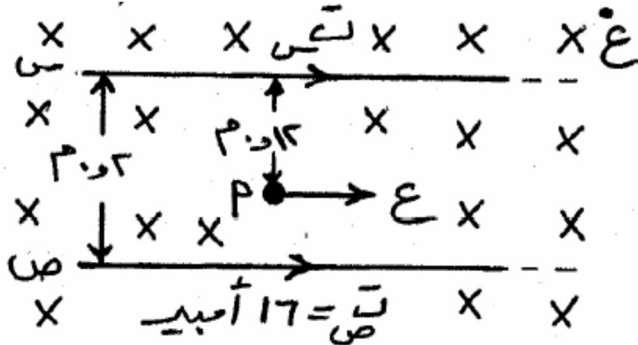


صفيحتان مشحونتان و مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا , تحرك جسيم مهمل الكتلة مشحون بشحنة موجبة مقدارها (١٠×٢⁻¹) كولوم بسرعة (١٠^٤) م/ث , بالاستعانة بالقيم و الاتجاهات المثبتة على الشكل احسب :

- (١) القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم مقداراً و اتجاهاً .
- (٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم مقداراً و اتجاهاً .
- (٣) القوة المحصلة المؤثرة في الجسم أثناء حركته , وماذا تسمى هذه القوة ؟



وزارة ٢٠٠٩ دورة صيفية :



يمثل الشكل المجاور سلكين معزولين متوازيين لا نهائيين في الطول , و مغمورين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (١٠×٢^{-٥}) تسلا , يسري في كل منهما تيار كهربائي , فإذا علمت أن المجال المغناطيسي المؤثر في النقطة (أ) و الناجم عن السلك (س) يساوي (١٠×٢^{-٥}) تسلا , مستعينا بالقيم المثبتة على الشكل احسب :

- ١- المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (أ) .
- ٢- التيار الكهربائي المار في السلك (س) .
- ٣- القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك شرقاً بسرعة (١٠^٥) م/ث لحظة مروره بالنقطة (أ) .



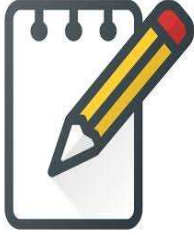
للحصول على جميع أسئلة الوزارة مع إجاباتها النموذجية حملها من هنا

* * * *

المجال المغناطيسي

المراجعة المكثفة

النقطة الأولى ..



• القوة المغناطيسية: ١- على جسيم مشحون: $ق غ = v \cdot B \cdot \sin \theta$

٢- على موصل يحمل تياراً: $ق غ = I \cdot B \cdot \sin \theta$

• المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار الكهربائي:

قانون بيو سافار

$$\Delta B = \frac{\mu}{4\pi r^2} I \Delta L \sin \theta$$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r}$$

١- حول موصل مستقيم:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r} \sin \theta, \quad \theta = 90^\circ$$

٢- في مركز الملف الدائري:

$$B = \frac{\mu I}{2r} \sin \theta, \quad \theta = 180^\circ$$

• حركة جسيم مشحون بشكل عمودي على المجال المغناطيسي

نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم

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

عندما تكون السرعة عمودية على المجال، يتم

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

• حركة جسيم مشحون في مجالين متعامدين (كهربائي و مغناطيسي)

قوة لورنتز: محصلة القوة الكهربائية و

المغناطيسية على جسيم مشحون

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

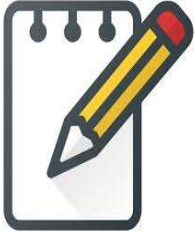
سرعة الجسيم في منتهي السرعات،

عندما تصبح محصلة قوة لورنتز = صفر.

$$E = v B$$

المجال المغناطيسي

المصطلحات ..



- **خط المجال المغناطيسي** : هو المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حراً في المجال المغناطيسي .
- **المجال المغناطيسي عند نقطة** : هو القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بسرعة (v) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة .
- **التسلا** : المجال المغناطيسي المؤثر بقوة (1) نيوتن في شحنة (1) كولوم تتحرك بسرعة (1) م/ث ، باتجاه يتعامد مع المجال المغناطيسي .
- **ماذا نعني بقولنا أن المجال المغناطيسي عند نقطة = ($0,2$) تسلا ؟**

أي أن هذا المجال يؤثر بقوة مغناطيسية ($0,2$) نيوتن في شحنة (1) كولوم تتحرك بسرعة (1) م/ث عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي .

- **قوة لورنتز** : هي محصلة القوة الكهربائية و المغناطيسية المؤثرة على الجسيمات المشحونة المتحركة في مجالين متعامدين كهربائي و مغناطيسي .
- **منتقي السرعة** : جهاز يحتوي على مجالين متعامدين : أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي . يستخدم لاختيار الجسيمات المشحونة ذات سرعة يتم تحديدها مسبقاً بالتحكم بقيمة كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي ؛ للاستفادة من هذه الجسيمات لاحقاً في أجهزة أخرى مثل جهاز مطياف الكتلة وكذلك تستخدم لغايات الدراسات والتجارب .

المعادلات ..



- 1- القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي .
(مقدار الشحنة ، سرعتها ، مقدار المجال المغناطيسي ، الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السرعة)
- 2- القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً مغمور في مجال مغناطيسي .
(مقدار التيار ، طول السلك ، مقدار المجال المغناطيسي ، الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه السرعة)
- 3- نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم المشحون في المجال المغناطيسي .
(كتلة الجسيم و سرعته (زخمه) و مقدار شحنته و مقدار المجال المغناطيسي)

المجال المغناطيسي

- ٤- المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في موصل مستقيم .
(النفاذية المغناطيسية , التيار الكهربائي , بعد النقطة عن السلك)
- ٥- المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في ملف دائري .
(النفاذية المغناطيسية , التيار الكهربائي , عدد اللفات , نصف قطر الملف)
- ٦- المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في ملف لولبي .
(النفاذية المغناطيسية , التيار الكهربائي , عدد اللفات , طول الملف أو عدد اللفات لكل وحدة طول)

مقال ..



- ١- خطوط المجال المغناطيسي خطوط مغلقة !
لعدم وجود قطب مغناطيسي مفرد . و هذه ميزة لخطوط المجال المغناطيسي عن خطوط المجال الكهربائي .
- ٢- خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع !
لأن للمجال المغناطيسي اتجاه واحد عند كل نقطة .
- ٣- تأثر الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي بقوة مغناطيسية !
كل شحنة متحركة بمثابة تيار كهربائي , و قد تبين من تجربة أورستد أن التيار يولّد مجالاً مغناطيسياً , لذلك فإن كل شحنة متحركة تولّد مغناطيساً , و تتأثر المغناط في ما بينها بقوة مغناطيسية .
- ٤- انحراف أشعة المهبط عن مسارها عند تقرب مغناطيس منها !
أشعة المهبط هي حزمة من الإلكترونات , فعند تحرك شحنات كهربائية في مجال مغناطيسي تتأثر بقوة مغناطيسية (سر ع غ جا θ) عمودية على اتجاه السرعة فتتحرفها عن مسارها .
- ٥- تحركت شحنة في مجال مغناطيسي و لم تنحرف !
لأن حركتها كانت موازية للمجال المغناطيسي , حسب القانون (سر ع غ جا θ) , جا صفر = جا ١٨٠ = صفر .
- ٦- انحراف الإلكترون في المجال المغناطيسي أكبر بكثير من انحراف البروتون إذا تحركا بنفس السرعة في المجال المغناطيسي !
لأن كتلة الإلكترون أقل بكثير من كتلة البروتون , و نصف قطر المسار يتناسب عكسياً مع الكتلة حسب العلاقة : $\frac{r}{m} = \frac{v}{qB}$
- ٧- لا تبذل القوة المغناطيسية شغلاً على الشحنات المتحركة في المجال

المجال المغناطيسي

(لا يمكن تحريك شحنة ساكنة باستخدام مجال مغناطيسي)

لأن اتجاه القوة عمودي باستمرار على اتجاه الإزاحة التي يحققها الجسم المشحون المتحرك في المجال فيكون الشغل = ق . ف . جتا $\theta =$ صفر , و وفق مبرهنة الشغل و الطاقة : (ش = Δ ط ح) فالجسم الساكن يبقى ساكناً.

٨- تكون أسلاك الملف اللولبي رفيعة و مترابطة !

للحصول على مجال منتظم تماماً داخل الملف , فكلما زاد تراص حلقات الملف زاد انتظام المجال .

٩- يقل مقدار المجال المغناطيسي في الملف اللولبي كلما أجهنا نحو أطراف الملف !

بسبب تباعد خطوط المجال عن بعضها كلما اقتربنا من أطراف الملف .

أذكر استخداماً ..



أ) المجال المغناطيسي في المسارعات النووية : (توجيه الجسيمات دون تغيير مقدار سرعتها)

ب) المجال الكهربائي في المسارعات النووية : (تسريع الجسيمات المشحونة)

ج) قوة لورنتز : (في الأجهزة البحثية : منتقي السرعات و مطياف الكتلة , في الأجهزة الطبية : مضخة كهرومغناطيسية في القلب الصناعي)

د) جهاز منتقي السرعات : (للحصول على جسيمات مشحونة متحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم)

هـ) جهاز مطياف الكتلة : (فصل الأيونات المشحونة عن بعضها وفق نسبة شحنتها إلى كتلتها , دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية)

و) القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً : (مكبرات الصوت , الغلفانوميتر , المحرك الكهربائي)

تذكر ..



القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم يحمل تياراً و مغمور في مجال مغناطيسي .

مرور تيار كهربائي في موصل يعني أن شحنات كهربائية تتحرك باتجاه واحد , و إذا تحركت شحنة في مجال مغناطيسي

بشكل غير مواز للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية (سم ع غ جا θ) , فسيؤثر الموصل بقوة مغناطيسية هي

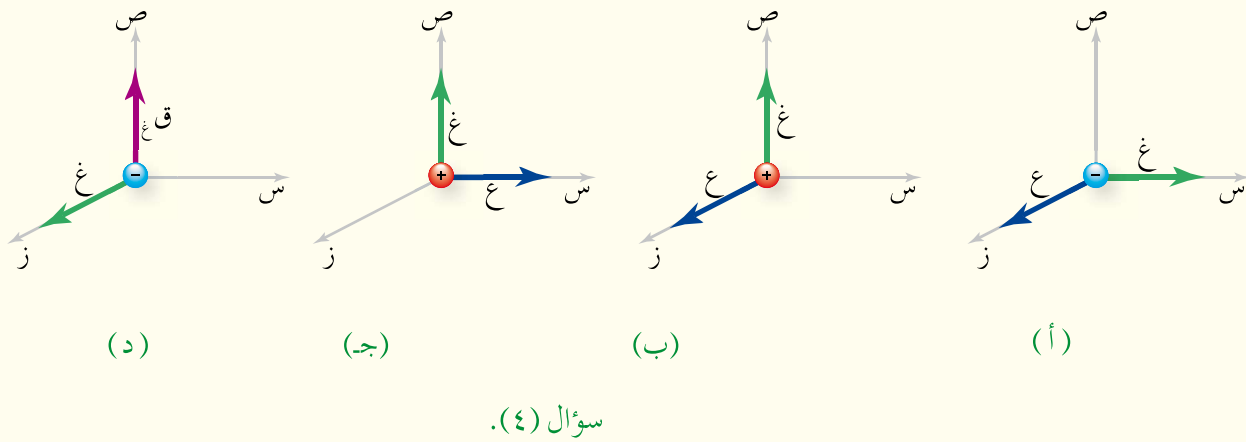
محصلة القوى على الشحنات .

- ١ اذكر ثلاثاً من خصائص خطوط المجال المغناطيسي.
- ٢ عرف كلاً من خط المجال المغناطيسي، والمجال المغناطيسي المنتظم.
- ٣ إذا علمت أن السطحين (أ، ب) في الشكل (٥-٣) لهما المساحة نفسها فأبي منهما يكون مقدار المجال المغناطيسي عنده أكبر؟ وضح إجابتك.
- ٤ فسر: تعد خطوط المجال المغناطيسي مقفلة.

إجابات الأسئلة

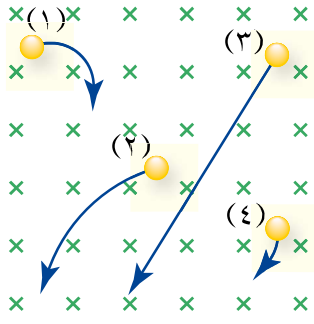
- (١)
 - أ (مقفلة، حيث تخرج من القطب الشمالي للمغناطيس وتدخل في القطب الجنوبي خارج المغناطيس مكملة مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي.
 - ب) لا تتقاطع.
 - ج) تكون كثافتها أكبر كلما زاد المجال المغناطيسي في المنطقة.
- (٢) خط المجال المغناطيسي: المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حرًا في أي نقطة داخل المجال المغناطيسي.
- المجال المغناطيسي المنتظم هو المجال المغناطيسي الثابت مقدارًا واتجاهًا عند نقاطه جميعها.
- (٣) عند السطح (ب)؛ لأن كثافة خطوط المجال المغناطيسي أكبر من كثافتها عند السطح (أ).
- (٤) بسبب عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد.

- ١ كيف يمكن لشحنة كهربائية أن تتحرك في مجال مغناطيسي ولا تتأثر بقوة مغناطيسية؟
- ٢ افسر: عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي، فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية.
- ٣ ماذا نعني بقولنا إن المجال المغناطيسي لمغناطيس يساوي (5×10^{-3}) تسلا؟
- ٤ باستخدام قاعدة اليد اليمنى حدد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة في الشكل



إجابات الأسئلة

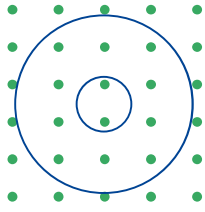
- (١) إذا كانت الشحنة الكهربائية تتحرك واتجاه سرعتها موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي أي أن (θ) الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي يكون $(0^\circ$ أو $180^\circ)$.
- (٢) النيوترون جسيم غير مشحون؛ لذا، لن يتأثر بقوة مغناطيسية عندما يكون في المجال المغناطيسي.
- (٣) يؤثر المجال المغناطيسي بقوة مغناطيسية مقدارها (5×10^{-3}) نيوتن في شحنة مقدارها (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي.
- (٤) أ) القوة المغناطيسية باتجاه (-ص). ب) القوة المغناطيسية باتجاه (-س).
ج) القوة المغناطيسية باتجاه (+ز). د) السرعة باتجاه (+س).



الشكل (٥-١١): سؤال (١).

١ أدخلت أربعة جسيمات متماثلة في الكتلة والسرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم، فاتخذت المسارات الموضحة في الشكل (٥-١١)، أجب عما يأتي:

- أ حدد نوع شحنة كل من الجسيمات الأربعة، موضحاً ذلك.
ب رتب الجسيمات تنازلياً وفق مقدار شحنة كل منها.



الشكل (٥-١٢): سؤال (٢).

٢ يمثل الشكل (٥-١٢) مساراً دائرياً لكل من الإلكترون وبروتون، يتحركان داخل مجال مغناطيسي بالسرعة نفسها، إذا علمت أن كتلة البروتون أكبر من كتلة الإلكترون، فحدد أي المسارين للإلكترون وأيها للبروتون، ثم حدد على المسار اتجاه الحركة لكل منهما.

إجابات الأسئلة

- (١ أ) تتحرك الشحنة (١) ابتداءً نحو المحور السيني الموجب، ثم تنحرف نحو المحور الصادي السالب (-ص) بفعل القوة المغناطيسية، وعند تطبيق قاعدة اليد اليمنى، بجعل الإبهام باتجاه السرعة (+س)، وباقي الأصابع باتجاه المجال المغناطيسي (-ز)، يكون العمودي على باطن الكف نحو (+ص)، معاكساً لاتجاه القوة، ما يعني أن الشحنة (١) سالبة. وبالطريقة نفسها، تكون الشحنة (٢) موجبة، والشحنة (٤) سالبة. أما في ما يخص الجسيم (٣)، فإنه تحرك داخل المجال المغناطيسي في خط مستقيم، ويدل هذا على عدم تأثره بقوة مغناطيسية، ما يعني أنه غير مشحون.
- (ب) يظهر من الشكل أن: $q_4 < q_3 < q_2 < q_1$ ، ولأن نصف القطر يتناسب عكسياً مع مقدار شحنة الجسيم، فإن: $r_1 < r_2 < r_3 < r_4$ (صفر = صفر).
- (٢) بما أن شحنة كل من الإلكترون والبروتون متساوية في المقدار، وكلاهما يتحرك بالسرعة نفسها داخل المجال المغناطيسي، وحسب العلاقة $(\text{نق} = \frac{K}{r \cdot G})$ فإن سبب اختلاف نصفي قطر مسار كل منهما هو اختلافهما في الكتلة. ولأن نصف القطر يتناسب طردياً مع الكتلة؛ فإن المسار ذا نصف القطر الأكبر (المسار الخارجي) يمثل مسار البروتون، بينما يمثل المسار الدائري الأصغر مسار الإلكترون. ووفق قاعدة اليد اليمنى، فيكون اتجاه دوران البروتون مع عقارب الساعة، ويكون اتجاه دوران الإلكترون عكس عقارب الساعة.

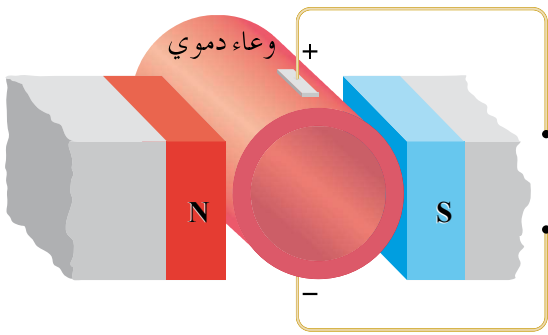
١ ما الشرط اللازم تحققه لكي يعمل المجالان الكهربائي والمغناطيسي معًا لانتقاء سرعة محددة للجسيمات المتحركة؟

٢ اذكر اثنين من استخدامات مطياف الكتلة.

٣ وضح دور كل من المجال المغناطيسي (غ)، والمجال المغناطيسي (غ) في جهاز مطياف الكتلة.

٤ يمثل الشكل (٥-٦) مبدأ عمل مضخة كهرومغناطيسية في جهاز القلب الصناعي تستخدم

في ضخ الدم الذي يحتوي على أيونات موجبة وأيونات سالبة في الأوعية الدموية؛ حيث يؤثر مجال كهربائي نحو محور الصادات السالب فيكون عمودياً على كل من الوعاء الدموي



والمجال المغناطيسي المنتظم. اعتماداً على الشكل، حدد اتجاه حركة كل من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة داخل الوعاء الدموي.

إجابات الأسئلة

(١) يجب أن تكون القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية الناتجة عنهما متساويتين في المقدار، ومتعاكستين في الاتجاه.

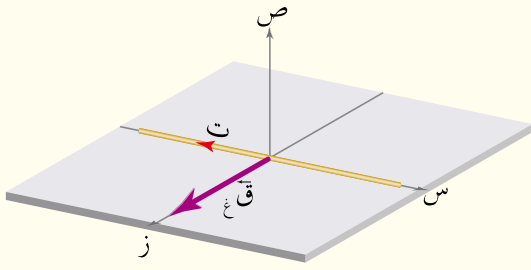
(٢ أ) فصل الأيونات المشحونة عن بعضها وفق نسبة شحنة كل منها إلى كتلتها، ما يتيح معرفة كتلتها ونوع شحنتها.

(ب) دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية.

(٣) يعمل المجال المغناطيسي (غ) على توليد قوة مغناطيسية تساوي القوة الكهربائية في المقدار وتعاكسها في الاتجاه؛ لضمان بقاء الشحنة متحركة في خط مستقيم. بينما يجبر المجال المغناطيسي (غ) الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلة هذه الجسيمات.

(٤) تتلخص فكرة الجهاز بجعل الأيونات الموجبة والسالبة تتدفق باتجاه واحد مع اتجاه جريان الدم، فيعمل فرق الجهد على توليد مجال كهربائي اتجاهه نحو المحور الصادي السالب، حيث يعمل على تحريك الشحنات الموجبة باتجاهه، والشحنات السالبة عكس اتجاهه نحو المحور الصادي الموجب. وبعد أن تتحرك هذه الشحنات، يؤثر فيها المجال المغناطيسي بقوة مغناطيسية يكون اتجاهها على الأيونات الموجبة والسالبة وفق قاعدة اليد اليمنى نحو المحور الزيني الموجب.

١ اذكر العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيارًا كهربائيًا، ومغمور في مجال مغناطيسي.



سؤال (٢).

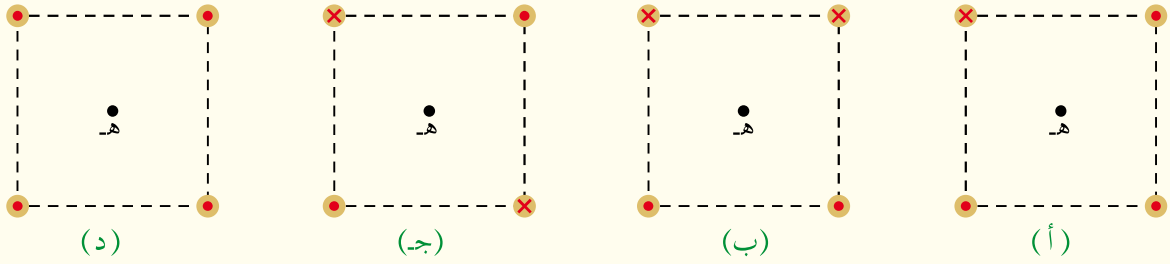
٢ يبين الشكل موصلًا مستقيمًا يمر فيه تيار كهربائي باتجاه المحور السيني السالب، فإذا كان الموصل مغمورًا في مجال مغناطيسي منتظم وأثر فيه بقوة مغناطيسية بالاتجاه المبين في الشكل. فحدد اتجاه المجال المغناطيسي.

إجابات الأسئلة

- ١ مقدار التيار المار في الموصل، طول الموصل، مقدار المجال المغناطيسي الذي غمر فيه الموصل، جيب الزاوية المحصورة (θ) بين متجه طول الموصل ومتجه المجال المغناطيسي.
- ٢ باستخدام قاعدة اليد اليمنى، يشير الإبهام إلى اتجاه التيار نحو (-س)، ويشير المتجه العمودي على باطن الكف إلى اتجاه القوة المغناطيسية نحو (+ز)، فيكون اتجاه الأصابع الأربعة باتجاه المجال المغناطيسي نحو (-ص).

١ صف المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل مستقيم طويل يمر فيه تيار كهربائي.
٢ ما العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي عند نقطة قرب موصل مستقيم طويل يمر فيه تيار كهربائي؟

٣ يمثل الشكل أربعة توزيعات لموصلات مستقيمة طويلة يمر فيها تيار في اتجاه المحور الزيني موضوعة عند رؤوس مربع، إذا كانت قيم التيار في الموصلات متساوية، رتب هذه التوزيعات تصاعدياً وفق مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ).



سؤال (٣).

٤ في الشكل ، إذا انعدم المجال المغناطيسي عند النقطة (أ)، أجب عما يأتي:

أ جد اتجاه التيار (ت٢).

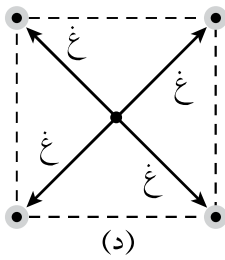
ب أيهما أكبر مقداراً التيار (ت١) أم (ت٢)؟ فسر إجابتك.



سؤال (٤).

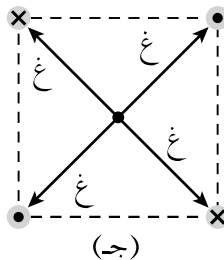
إجابات الأسئلة والأنشطة

- (١) تكون خطوط المجال المغناطيسي حوله على شكل دوائر متحدة في المركز، ويقع مركزها عند نقطة على محور الموصل، ويكون مستواها عمودياً على الموصل.
- (٢) يعتمد على مقدار التيار المار في الموصل، وبعد النقطة عن الموصل، والنفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالموصل المستقيم.
- (٣) وفق قاعدة اليد اليمنى، نحدّد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن كل من التيارات الأربعة في مركز كل مربع على النحو الآتي:



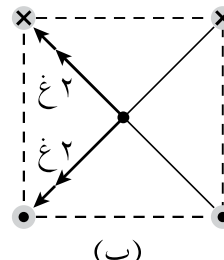
(د)

غ د محصل = ٠



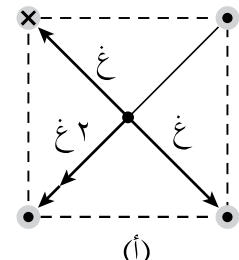
(ج)

غ ج محصل = ٠



(ب)

غ ب محصل = $2\sqrt{2}$ غ



(أ)

غ أ محصل = ٢ غ

$$\overline{غ د} = \overline{غ ج} > \overline{غ أ} > \overline{غ ب}$$

- (٤) أ) بما أن المجال المحصل عند (أ) يساوي صفراً؛ فإن المجالين في تلك النقطة متساويان مقداراً ومتعاكسان اتجاهًا، أي أن:
- (غ_٢) عند النقطة (أ) يجب أن يتجه نحو المحور الصادي الموجب، ليعاكس اتجاه (غ_١)، ووفق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه (ت_٢) نحو (-ز).
- ب) (ت_٢ < ت_١) لأن التيار (ت_٢) أبعد عن النقطة (أ)، ومع ذلك فإن غ_٢ = غ_١.

- ١ اذكر العوامل المؤثرة في المجال المغناطيسي الناشئ في مركز ملف دائري يمر فيه تيار كهربائي.
- ٢ هل المجال المغناطيسي المتولد في مركز ملف دائري يمر فيه تيار كهربائي، منتظم أم لا؟ فسر إجابتك.

إجابات الأسئلة

- ١) النفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالملف، التيار المار فيه، نصف قطره، عدد لفاته.
- ٢) بشكل عام، يكون المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار في الملف الدائري غير منتظم، لأن له اتجاهات عدة. أما في مركز الملف الدائري؛ فإن المجال المغناطيسي الناشئ هناك يكون منتظمًا؛ لأنه خط مستقيم.

- ١ هل تتغير قيمة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي عند الانتقال من منتصف محور الملف اللولبي نحو طرفيه؟ فسر إجابتك.
- ٢ ثلاثة ملفات لولبية، طول الأول (ل) وعدد لفاته (ن)، وطول الثاني (٢ل) وعدد لفاته (ن)، وطول الثالث (٥ل) وعدد لفاته (٢ن). يمر في كل منها التيار الكهربائي نفسه، رتب هذه الملفات تنازليًا وفق المجال المغناطيسي المتولد في محور كل منها.
- ٣ كيف سيتأثر المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة تقع على محور الملف اللولبي وبعيدًا عن طرفيه في الحالات الآتية:
- أ) زيادة قطر كل لفة إلى ضعف ما كان عليه.
- ب) تغيير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديدًا.
- ج) مضاعفة طول الملف اللولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضًا.
- ٤ ملف لولبي طوله (٤,٣١٠ م)، نشأ داخله مجال مغناطيسي مقداره (٦) تسلا عندما مر فيه تيار كهربائي مقداره (٧٥) أمبير، احسب عدد لفاته.

(١) لا، قيمة المجال المغناطيسي لا تتغير، إذ يعدّ المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي بعيداً عن طرفي الملف مجالاً مغناطيسياً منتظماً، ويدل على ذلك إن خطوط المجال المغناطيسي متوازية داخله وبالأتجاه نفسه.

(٢)

$$G_1 = \frac{\mu_0 N I_1}{L} = \frac{\mu_0 N}{L} = G_1$$

$$G_2 = \frac{\mu_0 N I_2}{L_2} = \frac{\mu_0 N}{L_2} = G_2 = 0,5 G_1$$

$$G_3 = \frac{\mu_0 N I_3}{L_{0,5}} = \frac{\mu_0 N}{L_{0,5}} = G_3 = 4 G_1$$

$$\therefore G_3 < G_1 < G_2$$

أ (زيادة قطر اللفة لا يؤثر في المجال المغناطيسي، لأنه ليس من العوامل المؤثرة فيه.

ب) تغيير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديداً يزيد من المجال المغناطيسي.

ج) وفق العلاقة (١٠-٥)؛ فإن مضاعفة (ن)، و(ل) معاً تؤدي إلى عدم تغير مقدار المجال المغناطيسي.

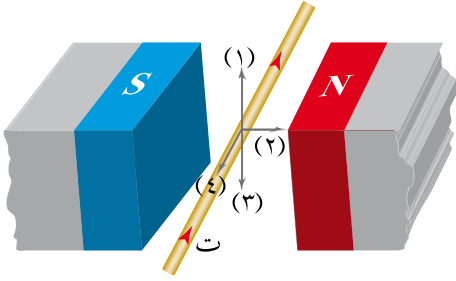
$$G_{\text{لولبي}} = \frac{\mu_0 N}{L} \quad (٣)$$

$$\frac{N \times 75 \times 10^{-1} \times \pi \times 4}{0,314} = 6$$

$$\frac{N \times 75 \times 10^{-1} \times 3,14 \times 4}{1-10 \times 3,14} = 6$$

$$\text{حيث إن: } \pi = 3,14$$

$$N = 2 \times 10^4 \text{ لفة.}$$



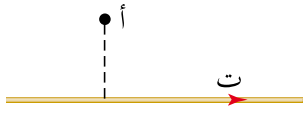
الشكل (٥-٤٨): سؤال (١) فقرة (١).

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١ في الشكل (٥-٤٨)، السهم الذي يمثل اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل:

أ) (١) ب) (٢)

ج) (٣) د) (٤)



الشكل (٥-٤٩): سؤال (١) فقرة (٢).

٢ موصل مستقيم طويل يمر فيه تيار كهربائي باتجاه (+س)

كما في الشكل (٥-٤٩)، عند مرور بروتون بالنقطة (أ) باتجاه (-ص)، فإن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في

البروتون سيكون باتجاه:

أ) (+ز) ب) (+س) ج) (-س) د) (-ص)

٣ جسيم مشحون يتحرك عمودياً على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم، فيصنع مساراً دائرياً نصف قطره (نق_١). إذا دخل إلى المجال المغناطيسي نفسه جسيم مشحون آخر له كتلة الجسيم الأول بينما شحنته تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الجسيم الأول، وبسرعة تساوي ضعف سرعة الجسيم الأول، فإن نصف قطر المسار الدائري للجسيم الثاني (نق_٢) يساوي:

أ) $\frac{1}{4}$ نق_١ ب) $\frac{3}{2}$ نق_١ ج) $\frac{2}{3}$ نق_١ د) ٢ نق_١

٤ يعتمد مبدأ عمل جهاز منتقي السرعة على انعدام قوة لورنتز. وتنعقد قوة لورنتز عندما:

أ) يتساوى المجالان الكهربائي والمغناطيسي في المقدار ويتعاكسان في الاتجاه.

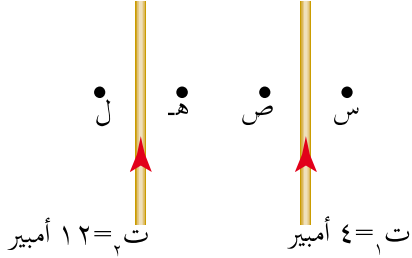
ب) يكون المجالان الكهربائي والمغناطيسي بالاتجاه نفسه.

ج) ينحرف الجسيم المشحون باتجاه القوة الكهربائية.

د) تتساوى القوتان الكهربائية والمغناطيسية في المقدار وتتعاكسان في الاتجاه.

٥ ملف لولبي متصل بطارية ومقاومة. يمكن مضاعفة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي بإحدى الطرائق الآتية:

- أ مضاعفة طوله. ب مضاعفة القوة الدافعة الكهربائية للمصدر.
ج إنقاص عدد لفاته إلى النصف. د مضاعفة المقاومة المتصلة به.



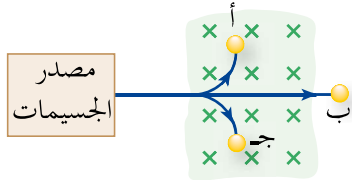
اعتماداً على الشكل (٥-٥٠)، أجب عن الفقرتين (٦، ٧).

٦ إذا كانت (ق١) هي القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الأول، و(ق٢) هي القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الثاني، فإن العلاقة بين مقداريهما: الشكل (٥-٥٠): سؤال (١) فقرة (٦، ٧).

- أ $ق١ = ١٢ ق٢$ ب $ق١ = ٣ ق٢$ ج $ق١ = ق٢$ د $ق١ = \frac{١}{٣} ق٢$

٧ النقطة المحتمل أن ينعلم عندها المجال المغناطيسي المحصل هي:

- أ (ل) ب (هـ) ج (ص) د (س)



الشكل (٥-٥١): سؤال (٢).

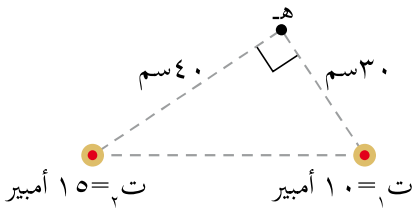
٢ بين الشكل (٥-٥١)، مسار ثلاثة جسيمات (أ، ب، ج).

تعبّر مجالاً مغناطيسياً. فإذا كانت هذه الجسيمات تتحرك بالسرعة نفسها، فأجب عن الأسئلة الآتية:

أ أي الجسيمات متعادل؟

ب أي الجسيمات سالب الشحنة؟

ج أيهما أكبر كتلة (أ) أم (ج)؟



الشكل (٥-٥٢): سؤال (٣).

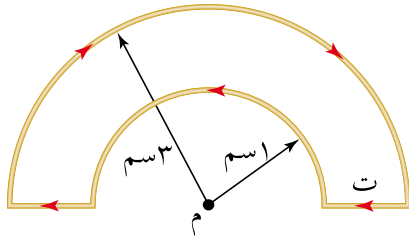
٣ موصلان طويلان مستقيمان متوازيان كما في الشكل (٥-٥٢)،

يمر في الأول تيار كهربائي (١٠) أمبير باتجاه (+)، ويمر في

الثاني تيار كهربائي (١٥) أمبير بالاتجاه نفسه. جد:

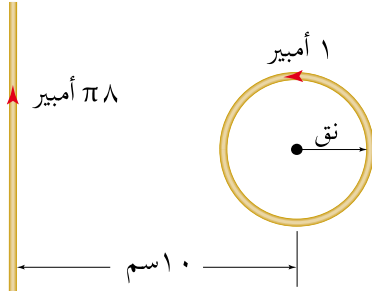
أ موقع النقطة أو النقاط التي ينعلم عندها المجال المغناطيسي المحصل.

ب المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) مقداراً واتجهاً.



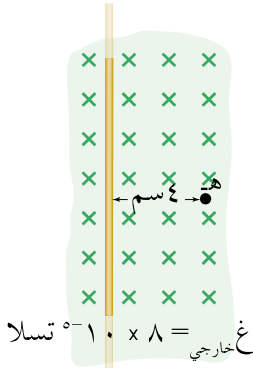
الشكل (٥-٥٣): سؤال (٤).

٤ في الشكل (٥-٥٣)، حدد مقدار التيار الكهربائي (ت) المار في الملف إذا كان مقدار المجال المغناطيسي المحصل في النقطة (م) يساوي $(\frac{88}{\sqrt{10}} \times 10^{-1})$ تسلا. وما اتجاه المجال المغناطيسي المحصل عند تلك النقطة؟



الشكل (٥-٥٤): سؤال (٥).

٥ في الشكل (٥-٥٤)، حدد نصف قطر الملف الدائري لكي ينعقد المجال المغناطيسي في مركزه، علماً بأنه يتكون من لفتين اثنتين فقط.



الشكل (٥-٥٥): سؤال (٦).

٦ في الشكل (٥-٥٥)، أثرت قوة مغناطيسية مقدارها (١) ملي نيوتن نحو (+ص) في شحنة مقدارها (-٢) ميكروكولوم لحظة مرورها بالنقطة (هـ)، بسرعة مقدارها (١٠×٥) م/ث باتجاه (-س). جد التيار الكهربائي المار في الموصل المستقيم مقداراً واتجاهاً.

٧ قذف جسيم شحنته (١) بيكوكولوم، وكتلته (٢×١٠^{-٧}) كغ بسرعة مقدارها (٩×١٠^{-٦}) م/ث نحو (+س) عمودياً على مجال مغناطيسي، فاكسب تسارعاً مركزياً مقداره $(٩, ٠)$ م/ث^٢ نحو (+ز) لحظة مروره بنقطة ما، جد المجال المغناطيسي عند تلك النقطة مقداراً واتجاهاً.

٨ يتحرك بروتون بسرعة $(٦, ١ \times ١٠^{-٤})$ م/ث نحو محور السينات الموجب فيدخل إلى منطقة مجال كهربائي مقداره (٢×١٠^{-٣}) نيوتن/كولوم واتجاهه نحو محور الصادات السالب.

أ جد القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقداراً واتجاهاً.

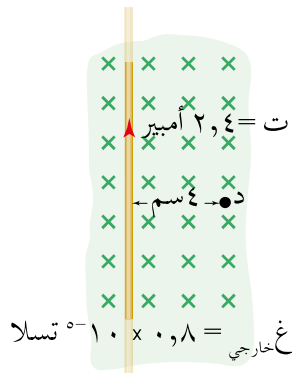
ب عند إضافة مجال مغناطيسي إلى المنطقة نفسها، وفي لحظة ما أدخل بروتون آخر يتحرك بالسرعة نفسها إلى منطقة المجالين الكهربائي والمغناطيسي لوحظ أن البروتون الثاني أكمل

حركته بلا انحراف. احسب مقدار المجال المغناطيسي وحدد اتجاهه.

ج إذا أدخل جسيم ألفا بسرعة نفسها، إلى منطقة المجالين الكهربائي والمغناطيسي، فهل يكمل حركته بلا انحراف؟ فسر إجابتك.

(ملاحظة: جسيم ألفا شحنته موجبة وتساوي ضعفي شحنة البروتون، وكتلته أربعة أضعاف كتلة البروتون تقريبًا).

٩ قذف جسيم شحنته (٤, ٠) ميكروكولوم بسرعة مقدارها (١٠٠) م/ث نحو (+ص) إلى منطقة مجالين، أحدهما كهربائي مقداره (٥٠٠) نيوتن/كولوم متجه نحو (+س) والآخر مغناطيسي مقداره (٢) تسلا نحو (-ز)، جد قوة لورنتز المؤثرة في هذا الجسيم لحظة دخوله منطقة المجالين مقدارًا واتجاهًا.



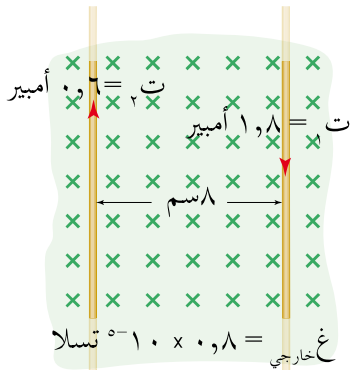
الشكل (٥٦-٥): سؤال (١٠).

١٠ اعتمادًا على البيانات المثبتة في الشكل (٥٦-٥)، احسب:

أ المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د).

ب القوة المغناطيسية المؤثرة في بروتون لحظة مروره بالنقطة (د) باتجاه المحور الزيني الموجب.

ج القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل.



الشكل (٥٧-٥): سؤال (١١).

١١ اعتمادًا على البيانات المثبتة في الشكل (٥٧-٥)، احسب:

أ القوة المتبادلة بين الموصلين لوحدة الأطوال.

ب المجال المغناطيسي المحصل عند الموصل الثاني مقدارًا واتجاهًا.

ج القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الثاني.

الفصل الخامس المجال المغناطيسي

(١)

الفقرة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
رمز الإجابة	أ	ج	ج	د	ب	ج	ج

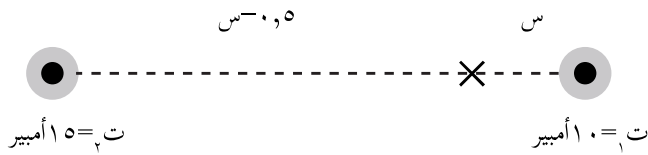
(٢)

أ (الجسيم (ب) متعادل الشحنة.
 ب (الجسيم (ج) سالب الشحنة.
 ج (نصف قطر الجسيم (أ) مماثل لنصف قطر الجسيم (ج)؛ ولأن لهما السرعة والشحنة نفسها، فهذا يعني أن لهما الكتلة نفسها.

(٣)

أ (نطبق نظرية فيثاغورس، فتكون المسافة بين الموصلين: $50 \text{ سم} = 0,5 \text{ م}$.
 وبما أن التيارين بالاتجاه نفسه؛ فإن نقطة انعدام المجال المغناطيسي تقع على الخط الواصل بينهما،
 وسنفرض أن بعدها عن التيار الأصغر (ت_١) هو (س)، فيكون بعدها عن التيار (ت_٢) هو
 (٥ - س)، وبمساواة مقدار كل من المجالين الناتجين من تيارين الموصلين؛ نجد أن:

$$B_1 = B_2$$



$$\frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1}$$

$$\frac{15}{0,5 - س} = \frac{10}{س}$$

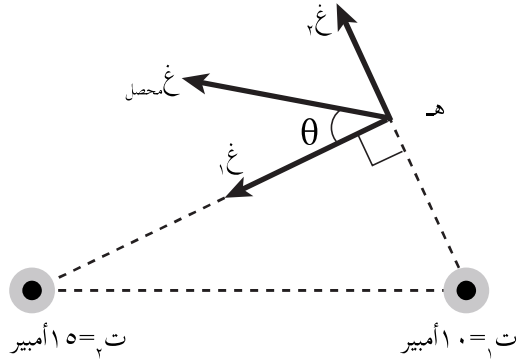
ومنه نجد أن: $س = 0,2 \text{ م}$.

ينعدم المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد مسافة (٠,٢) م، عن الموصل الأول، و (٠,٣) م، عن الموصل الثاني.

(ب) يُوثر عند النقطة (هـ) مجالان، (غ_١) الناشئ عن (ت_١)، و(غ_٢) الناشئ عن (ت_٢). (ت_٢)

$$غ_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2r_1} = \frac{10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{0,3 \times \pi \times 2} = \frac{10^{-7} \times 40}{0,6} = 6,67 \times 10^{-7} \text{ تسلا}$$

$$غ_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2r_2} = \frac{10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{0,4 \times \pi \times 2} = \frac{10^{-7} \times 40}{0,8} = 5 \times 10^{-7} \text{ تسلا}$$



واتجاه كل منهما باتجاه المماس عند النقطة (هـ) بعد تطبيق قاعدة اليد اليمنى كما في الشكل المجاور، وعليه، يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين، وذلك بتطبيق نظرية فيثاغورس:

$$غ_{\text{المحصل}} = \sqrt{غ_1^2 + غ_2^2} = 10^{-7} \times 1 = 10^{-7} \text{ تسلا}$$

اتجاه (غ_{المحصل}) يُحدّد بالزاوية (θ) التي يصنعها (غ_{المحصل}) مع اتجاه (غ_١):

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{غ_2}{غ_1} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{5}{6,67} \right) = \tan^{-1} (0,75) = 36,9^\circ$$

(٤) يُوثر عند النقطة (م) مجالان مغناطيسيان، أحدهما ناشئ عن التيار المار في الملف الصغير (غ_١)، والآخر عن التيار المار في الملف الكبير (غ_٢). ويكون عدد اللفات لكل منهما هو (٥،٠).

$$غ_1 = \frac{\mu_0 N_1 I_1}{2r_1} = \frac{10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 1 \times 2} = \frac{10^{-7} \times 40 \times \pi}{4} = 10^{-7} \pi \text{ تسلا، نحو (+z)}$$

$$غ_2 = \frac{\mu_0 N_2 I_2}{2r_2} = \frac{10^{-7} \times 10 \times \pi \times 4}{2 \times 10^{-2} \times 3 \times 2} = \frac{10^{-7} \times 40 \times \pi}{12} = \frac{10^{-7} \pi}{3} \text{ تسلا، نحو (-z)}$$

يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (م)، هو حاصل طرح المجالين:

$$غ_{\text{المحصل}} = غ_1 - غ_2 = (غ_1 < غ_2)$$

$$\frac{10^{-7} \pi}{3} - 10^{-7} \pi = 10^{-7} \pi \left(\frac{1}{3} - 1 \right) = 10^{-7} \pi \left(-\frac{2}{3} \right) = -\frac{2}{3} \times 10^{-7} \pi$$

$$-\frac{2}{3} \times 10^{-7} \pi = -\frac{2}{3} \times 10^{-7} \times \frac{22}{7} = -\frac{44}{21} \times 10^{-7}$$

ت = ٦ أمبير.

يكون اتجاه المجال المغناطيسي المحصل باتجاه (غ_١)؛ أي نحو (+z).

٥) كي ينعدم المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري، يجب أن يتساوى المجالان في المقدار، ويتعاكسا في الاتجاه.

$$G_1 = G_2$$

$$\frac{\mu_1 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_2 I_2}{2\pi r_2}$$

$$\frac{2 \times 1}{2} = \frac{\pi \times 8}{10 \times \pi}$$

$$10 = 4 \text{ نق}$$

$$\text{نق} = 2,5 \text{ سم}$$

٦) بالنظر إلى مصادر المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ)، فإن اتجاه المجال المغناطيسي المحصل سيكون إما نحو (-z) أو (+z). وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الشحنة المتحركة داخل المجال المغناطيسي لحظة مرورها بالنقطة (هـ)، حيث نضع الإبهام باتجاه حركة الشحنة (-s)، وباطن الكف باتجاه القوة المغناطيسية (+ص)، فإن اتجاه الأصابع سيكون نحو (+z)؛ ولأن الشحنة سالبة، سيكون اتجاه المجال المغناطيسي المحصل المؤثر في الشحنة عند النقطة (هـ) نحو (-z). ولحسابه نستخدم العلاقة (٥-١):

$$G = \frac{q \cdot v \cdot \sin \theta}{r^2}$$

$$10 \times 10^{-3} = \frac{10 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^6 \times \sin \theta}{(0,1)^2}$$

$$(\theta = 90^\circ)$$

$$G_{\text{المحصل}} = 10 \times 10^{-10} \text{ تسلا، } (-z)$$

يوجد عند النقطة (هـ) مجالان، أحدهما المجال المنتظم (G منتظم)، والآخر المجال المغناطيسي (G مستقيم) الناتج من التيار المار في الموصل المستقيم. وبمقارنة مقدار واتجاه المجال المغناطيسي المحصل لهذين المجالين، مع المجال المغناطيسي المعلوم وهو المنتظم، نجد أن المجال (G مستقيم) يجب أن يكون باتجاه المجال المغناطيسي المنتظم نفسه. وعليه؛ فإن:

$$G_{\text{المحصل}} = G_{\text{منتظم}} + G_{\text{مستقيم}}$$

$$\frac{\mu_1 I_1}{2\pi r_1} + 10 \times 10^{-10} = 10 \times 10^{-10}$$

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

$$I_2 = 4 \text{ أمبير. نحو } (+ص)$$

(٧)

$$ق = ك \times ت$$

$$٠,٩ \times ٧^{-١} \times ٢ =$$

$$ق = ٨,١ \times ١٠^{-٧} \text{ نيوتن باتجاه التسارع، (+ز)}$$

$$ق_{ع} = \nu \cdot ع \cdot غ \cdot ج \cdot \theta \quad (\theta = ٩٠^\circ)$$

$$٨,١ \times ١٠^{-٧} = ١٠^{-٧} \times ١ \times ٩ \times ١٢$$

$$غ = ٢ \times ١٠^{-٢} \text{ تسلا، نحو (+ص)}$$

(٨)

$$أ) ق = م \cdot \nu$$

$$١٩^{-١} \times ١٠ \times ١,٦ \times ٣ = ٢ \times ١٠^{-٣}$$

$$٢,٣ \times ١٠^{-١٦} \text{ نيوتن، نحو (-ص)}.$$

ب) معنى أن البروتون لم ينحرف، أن القوى المؤثرة فيه متزنة، فإذا كانت القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون نحو المحور الصادي السالب؛ فإن القوة المغناطيسية تكون نحو المحور الصادي الموجب؛ لذا، فإن اتجاه المجال المغناطيسي ووفق قاعدة اليد اليمنى سيكون نحو المحور الزيني الموجب ومقداره يحسب من العلاقة:

$$ق_{ع} = ق_{غ}$$

$$م \cdot \nu = \nu \cdot ع \cdot غ \cdot ج \cdot \theta$$

$$٢ \times ١٠^{-٣} = ١٠ \times ١,٦ \times غ \times ١$$

$$غ = \frac{٢ \times ١٠^{-٣}}{١٠ \times ١,٦} = ٠,١٢٥ \text{ تسلا}$$

ج) عند حساب قوة (لورنتز)، نلاحظ أن الشحنة تضاعفت مرتين في كلا القوتين الكهربائية والمغناطيسية، والسرعة والمجالين الكهربائي والمغناطيسي لم يتغير أي منها؛ لذا، لن ينحرف جسيم ألفا عن مساره.

(٩)

$$ق = م \cdot \nu$$

$$١٩^{-١} \times ١٠ \times ٠,٤ \times ٥٠٠ =$$

$$ق_{ع} = ٢ \times ١٠^{-٤} \text{ نيوتن، نحو (+س)}.$$

$$ق_{ع} = \nu \cdot ع \cdot غ \cdot ج \cdot \theta$$

$$٢ \times ١٠^{-٤} = ١٠^{-٦} \times ١٠٠ \times ٢ \cdot ج \cdot ٩٠$$

$$٨,١ \times ١٠^{-٤} \text{ نيوتن، نحو (-س)}.$$

$$ق (لورنتز) = ق ك - ق غ$$

$$= -10 \times 0,8 - (-10 \times 2)$$

$$ق (لورنتز) = 1,2 \times 10^{-10} \text{ نيوتن، نحو } (+س).$$

(١٠)

أ) يؤثر عند النقطة (د) مجالان مغناطيسيان، أحدهما المجال المنتظم اتجاهه (-ز)، والآخر المجال المغناطيسي الناشئ عن الموصل المستقيم الطويل، ولحسابه نستخدم العلاقة (٧-٥):

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \text{غ مستقيم}$$

$$\frac{2,4 \times 10^{-7} \times \pi 4}{2^{-10} \times 4 \times \pi 2} = \text{غ مستقيم}$$

$$\text{غ مستقيم} = 1,2 \times 10^{-10} \text{ تسلا، باتجاه } (-ز).$$

$$\text{غ المحصل} = \text{غ مستقيم} + \text{غ منتظم} = 2 \times 10^{-10} \text{ تسلا، باتجاه } (-ز).$$

ب) عندما يتحرك البروتون نحو (+ز)؛ فإن اتجاه حركته يصنع زاوية مقدارها 180° مع اتجاه المجال المغناطيسي، وعندها ستندعم القوة المغناطيسية المؤثرة فيه ($ق = 0$).

$$\frac{ق}{ل} = ت غ جا \theta$$

$$= 2,4 \times 10^{-10} \times 0,8 \text{ جا } 90^\circ$$

$$\frac{ق}{ل} = 1,92 \times 10^{-10} \text{ نيوتن/م، نحو } (-س).$$

(١١)

$$أ) \frac{ق}{ل} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2r} = \frac{0,6 \times 1,8 \times 10^{-7} \times \pi 4}{2^{-10} \times 8 \times \pi 2}$$

$$\frac{ق}{ل} = 2,7 \times 10^{-6} \text{ نيوتن/م (تنافر)}$$

$$ب) \frac{ق}{ل} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{1,8 \times 10^{-7} \times \pi 4}{2^{-10} \times 8 \times \pi 2}$$

$$\text{غ منتظم} = 0,8 \times 10^{-10} \text{ تسلا نحو } (-ز)$$

$$\text{غ محصل} = 0,8 \times 10^{-10} + 0,45 \times 10^{-10} = 1,25 \times 10^{-10} \text{ تسلا نحو } (-ز).$$

$$ج) \frac{ق}{ل} = ت غ محصل جا \theta$$

$$= 0,6 \times 1,25 \times 10^{-10} \text{ جا } 90^\circ$$

$$= 0,75 \times 10^{-10} \text{ نيوتن/م}$$

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ