أساسيات

الفيزياء

للثانوية العامة

Fundamentals of Physics

Rasheed M Taji

الفصل الخامس :

المجال المغناطيسي

رشيد التاجي

الفهرس

مقدمـــة ..... (٣)

المجال المغناطيسي مفهومه و خطوطه ..... (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)

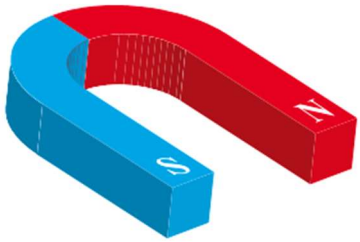
المجال المغناطيسي

في هذا الفصل...

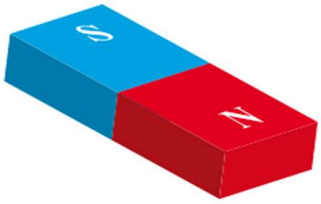
الموضوع	القانون	الاستخدام
المجال المغناطيسي مفهومه و خطوطه	$غ = \frac{ق}{ع \times .سـ}$	تعريف المجال المغناطيسي و التسلا , و يستخدم لحساب القوة المغناطيسية
القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون	$ق_غ = .سـ ع غ جا\theta$ $ت_م = \frac{ع^2}{نق}$ $نق = \frac{ك ع}{.سـ غ}$ $\vec{ق}_{لورنتز} = \vec{ق}_ك + \vec{ق}_غ$ $ع = \frac{م}{غ}$	القوة المغناطيسية المؤثرة على جسيم مشحون . التسارع المركزي. نصف قطر المسار الدائري . قوة لورنتز . جهاز منتقي السرعات
مصادر المجال المغناطيسي	$\Delta غ = \frac{\mu}{4\pi} ت \frac{\Delta ل جا\theta}{ف^2}$ $غ = \frac{\mu_0 ت}{2\pi ف}$ $غ = \frac{\mu_0 ت ن}{2 نق}$ $ن = \frac{\theta}{360°}$ $غ = \frac{\mu ت ن}{ل} = \mu ت نَ$	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 .
القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل يحمل تيارا	$ق_غ = ت ل غ جا\theta$	قوة مغناطيسية مؤثرة على موصل مغمور في مجال مغناطيسي

المجال المغناطيسي

مقدمة..

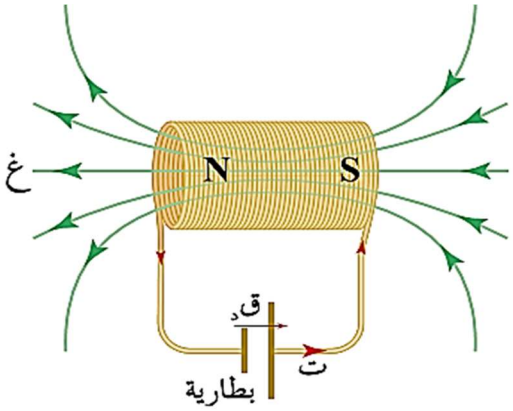


كثير منا تعرّف المغناطيسية عن طريق استخدام مغانط مختلفة ضمن أدوات المطبخ أو القرطاسية أو الألعاب، وللمغانط أهمية كبيرة في التكنولوجيا التي تقوم عليها حياة المجتمعات الحديثة، فالمغانط الكهربائية في المحركات والمولدات، والطبقة التي تغطي الأقراص المغنطة في الحاسوب، والكثير من الأجهزة العملية والعلمية تُعد أمثلة على استخدام المغانط.



وللمغانط أشكالٌ عدة، منها المغناطيس المستقيم وحدوة الفرس، والمغناطيس الكهربائي. كما في الأشكال المجاورة .

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

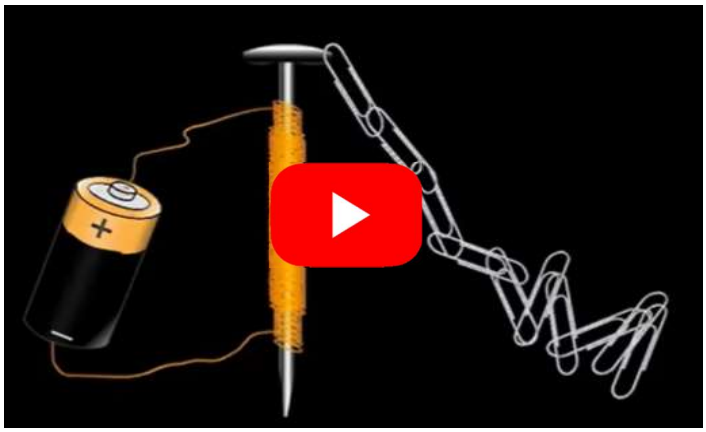


إذا ثُبت مغناطيس من مركزه و كان حر الحركة حول المحور الذي يمر من مركزه ستجد أن أحد أطراف المغناطيس يتجه نحو الشمال الجغرافي للأرض(لذلك نسمي هذا الطرف بالقطب الشمالي للمغناطيس) و الطرف الآخر يتجه نحو الجنوب الجغرافي فنسميه بالقطب الجنوبي للمغناطيس . وهذا هو سبب تسمية أقطاب المغناطيس بهذه التسمية .

وتولّد المغانط 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 المغانط العادية ..؟

ستجد الإجابة في هذا الفصل .

المجال المغناطيسي

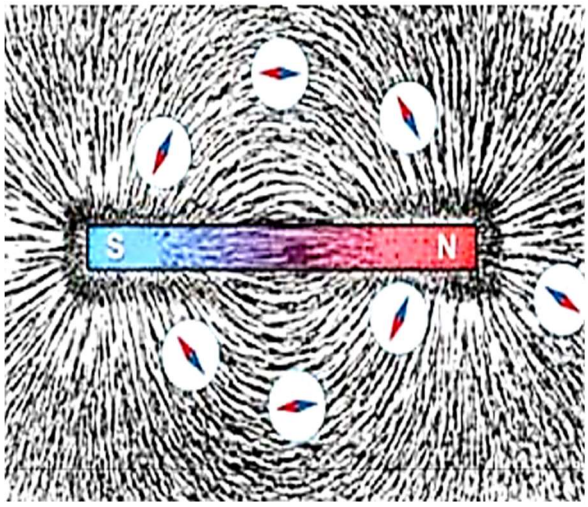
أولاً : المجال المغناطيسي

كما تحاط الشحنات الكهربائية بالمجال الكهربائي فإن المغانط تحاط أيضاً بحيز 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 حراً في المجال المغناطيسي.**

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

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



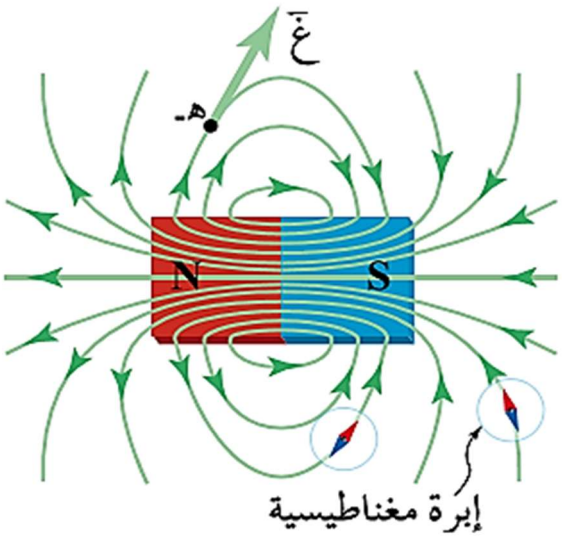
صورة توضح شكل خطوط المجال المغناطيسي

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 مقفلة** ؛ 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.**

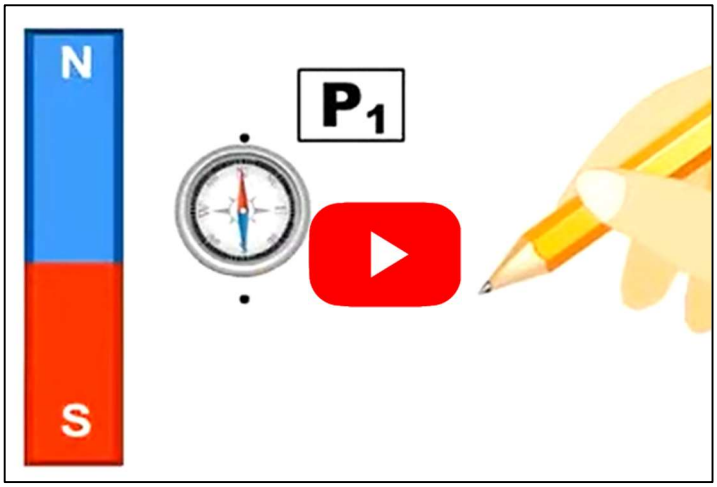
٤- **تدل كثافة الخطوط على مقدار المجال.**

س ١ : كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال المغناطيسي في معرفة المجال المغناطيسي مقدارا و اتجاها ؟

من حيث المقدار : تعبّر 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 .

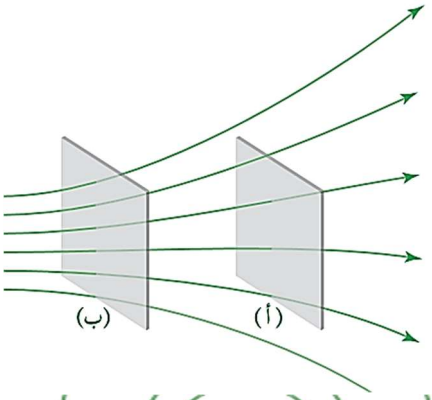
و عملياً يُحدد اتجاه المجال المغناطيسي باستخدام الإبرة المغناطيسية فيشير القطب الشمالي للإبرة الى اتجاه المجال المغناطيسي عندها .



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

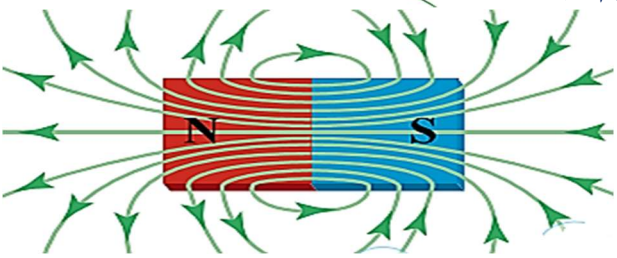
المجال المغناطيسي

س ٢ : 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 طرديًا مع كثافة خطوط المجال.

س٣: لماذا لا يعد المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس المستقيم مجالا منتظما ؟



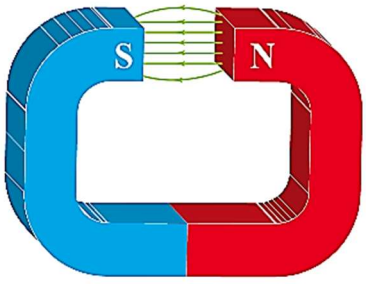
لأن خطوطه تشير إلى اتجاهات مختلفة , فلا يكون ثابتاً مقداراً ولا اتجاهاً لاحظ الشكل المجاور.

ملاحظة...

قد يكون المجال المغناطيسي منتظماً أو غير منتظم .

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

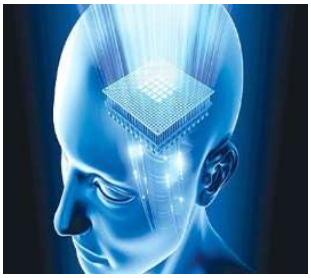
و الشكل أدناه يمثل مجالاً مغناطيسياً منتظماً لمغناطيس على شكل حرف (C)



المجال المغناطيسي المنتظم بين قطبي مغناطيس.

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

أي أن .. $\overleftarrow{غ} = \frac{\overleftarrow{ق}}{\overleftarrow{ع} \times سـ}$ و نجد وحدة قياسه كالتالي..

$$[غ] = \frac{[ق_غ]}{[ع][سـ]} \Leftarrow \text{تسلا} = \frac{\text{نيوتن.ث}}{\text{كولوم.م}} = [غ]$$

وحدة المجال المغناطيسي في النظام العالمي للوحدات هي **نيوتن.ث/كولوم.م** و تسمى **تسلا** , هل يمكنك إثبات أنها تكافئ **فولت . ث / م^{٢}** ..؟

لا تكشف الإجابة قبل أن تحاول ..

و تعرف التسلا بأنها المجال المغناطيسي المؤثر بقوة (١) نيوتن في شحنة (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث , باتجاه يتعامد مع المجال المغناطيسي .

س٤: ماذا نعني 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 .

المجال المغناطيسي

ملاحظات :

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

$$\vec{ق} = س \times \vec{ع} \times \vec{غ}$$

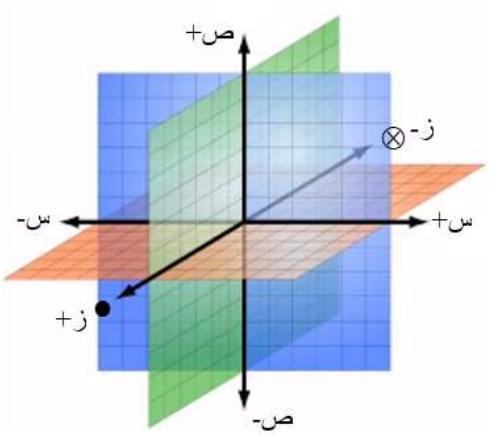
تذكر...

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

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

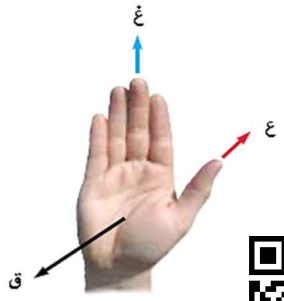
$$ق_غ = س ع غ \, جا\theta$$

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

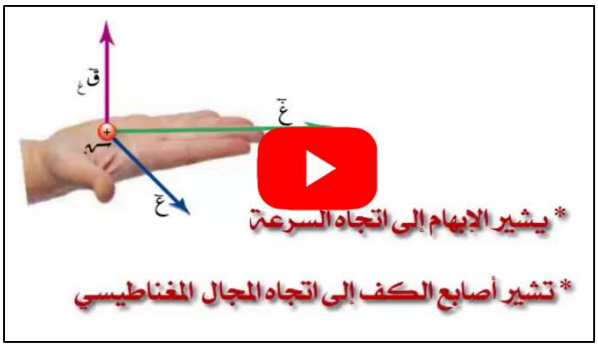


١- الأبعاد في الطبيعة ثلاثة أبعاد : محور السينات (الشرق و الغرب) و محور الصادات (الشمال و الجنوب) و محور الزينات (خارج من الصفحة و داخل في الصفحة) , و يرمز لمحور الزيني الموجب بنقطة (●)و هو المحور العمودي على الصفحة خارجاً منها . و يرمز لمحور الزيني السالب بإشارة الضرب (⊗) و هو المحور العمودي على الصفحة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

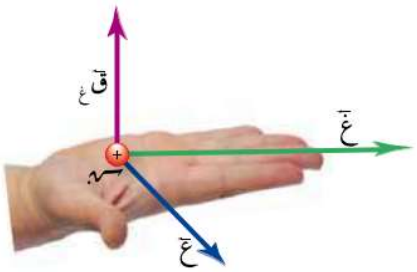


المجال المغناطيسي

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

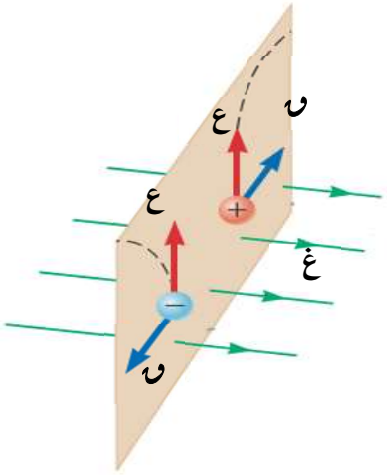
إذا قرّبت مغناطيساً من شحنة كهربائية متحركة سوف تنحرف الشحنة عن مسارها , **شاهد الفيديو** التالي الذي يبين انحراف حزمة من الإلكترونات بفعل المجال المغناطيسي:

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



$$ق_غ = سـ\ ع\ غ\ جا\theta$$

و يُحدد اتجاهها حسب قاعدة اليد اليمنى كما وضحناها في فيديو سابق بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه السرعة و تشير باقي الأصابع (مفرودة) 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)

المجال المغناطيسي

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 و تأثرت بقوة مغناطيسية , فأجب عما يلي :

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

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

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

٤- كيف يكون اتجاه هذه القوة مع كل من السرعة و المجال ؟ و ماذا 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 : ق = س ع غ جا θ]

(و التناسب مع جميع هذه العوامل طردياً)

٢- تكون أكبر ما يمكن عندما تكون السرعة متعامدة مع المجال (جا θ = ١)

و تنعدم هذه القوة في حالتين هما :

أ) إذا كانت الشحنة ساكنة (ع = صفر)

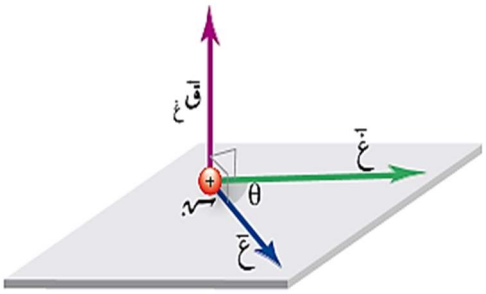
ب) إذا كانت السرعة موازية للمجال (جا صفر = جا ١٨٠ = صفر)

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 :

$\vec{ع}$ و $\vec{غ}$ مهما كانت الزاوية بينهما و ذلك حسب قاعدة اليد اليمنى كما في الشكل المجاور



اتجاه القوة عمودي دائما على المستوى الذي يضم السرعة و المجال

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.

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 .

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

لأن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة عمودية على سرعة الشحنات , فيكون شغل القوة المغناطيسية صفراً , و من مبرهنة الشغل و الطاقة فإن **ش = Δ طـ ح** . فالجسم الساكن سيبقى ساكناً .

شغل القوة المغناطيسية ..

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

نظـرة عـن كـثب ...

كل شحنة متحركة بمثابة تيار كهربائي ,و قد تبيّن من تجربة أورستد أن التيار يولّد مجالاً مغناطيسياً , لذلك فإن كل شحنة متحركة تولّد مغناطيساً, و تتأثر المغانط 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 ؟ فسّر إجابتك .

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

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

$ن غ = س ع غ \ جا\theta$, $ن غ\ (عظمى) = س ع غ$ عندما يكون $جا\theta = ١$, نصف القيمة العظمى $= \frac{١}{٢} س ع غ$

$ن غ = \frac{١}{٢} ن غ\ (عظمى)$

$س ع غ \ جا\theta = \frac{١}{٢} س ع غ \longleftarrow جا\theta = \frac{١}{٢} \therefore \theta = ٣٠^\circ$

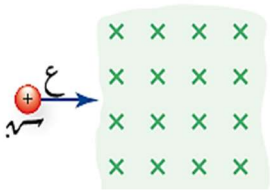
ما هي الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة و اتجاه المجال المغناطيسي عندما تكون القوة ٨٠ ٪ من قيمتها العظمى ؟؟

٥٣°

المجال المغناطيسي

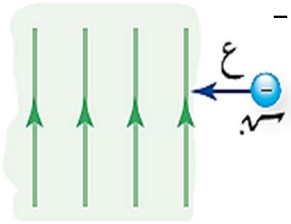
تدريب (١) : حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيمات في الأشكال التالية :

١-



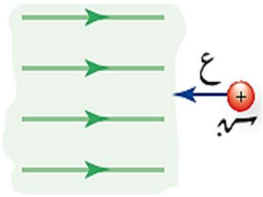
صادي موجب

٢-



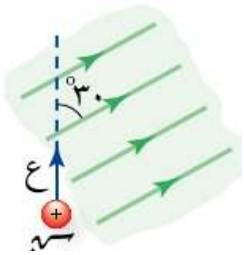
زيني موجب (عكسنا الاتجاه لأنها شحنة سالبة)

٣-



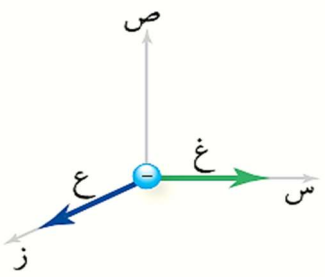
القوة صفر (لا يوجد قوة لأن السرعة موازية لاتجاه المجال)

٤-



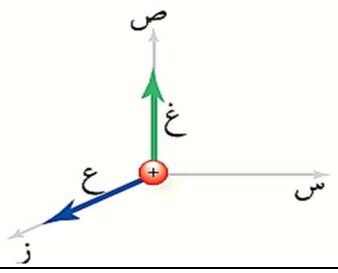
⊗زيني سالب (داخل في مستوى الورقة)

٥-



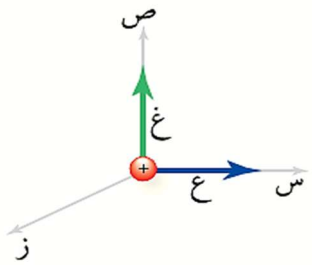
صادي سالب (عكسنا الاتجاه لأنها شحنة سالبة)

٦-



سيني سالب

٧-

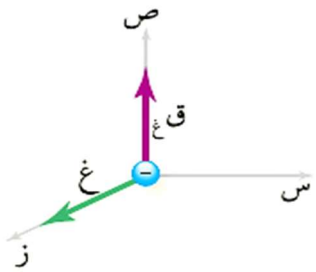


زيني موجب :

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

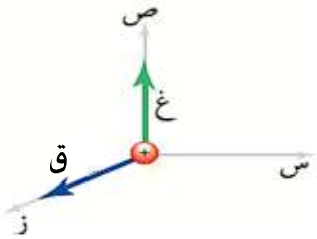
تدريب (٢) : حدد اتجاه سرعة الجسيم في الأشكال التالية :

١-



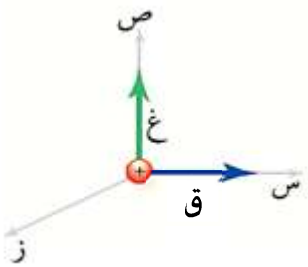
سيني موجب (عكسنا التجاه لأنها شحنة سالبة)

٢-



سيني موجب

٣-

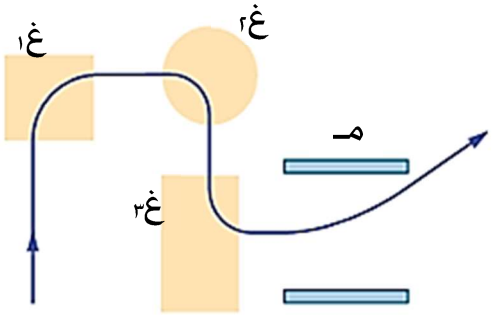


زيني سالب : ⊗

المجال المغناطيسي

سؤال للتفكير ...

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



الإجابة ...

غ١ و غ٢ : زيني سالب ,

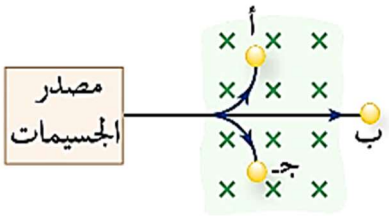
غ ٣ : زيني موجب , مـ : صادي سالب

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 .

س ٦ : قُذفت ثلاثة جسيمات باتجاه مجال مغناطيسي فاخرفت كما في الشكل المجاور حدد شحنة كل جسيم .



الحل ...

الجسيم (أ) موجب الشحنة لأنه انطبقت عليه قاعدة اليد اليمنى , و الجسيم (جـ) سالب الشحنة لأنه عند تطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أنه اتخذ مسار معاكس للاتجاه الناتج من تطبيق القاعدة , و الجسيم (ب) متعادل لأنه لم ينحرف .

س ٧ : قُذف بروتون و إلكترون بنفس السرعة باتجاه متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم, قارن بين القوة المغناطيسية المؤثرة على كل منهما و تسارع كل منهما .

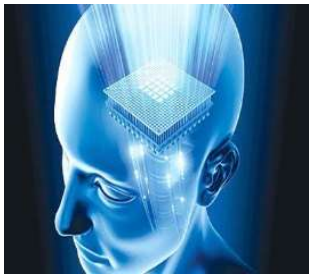
الحل ...

$\overleftarrow{ق}_e = -\overleftarrow{ق}_p$ ؛ لأن جميع العوامل المؤثرة في القوة متساوية ,

$ت_e << ت_p$ ؛ لأن كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة البروتون , و التسارع يتناسب عكسياً مع الكتلة .

اختبر نفسك

Exam #1

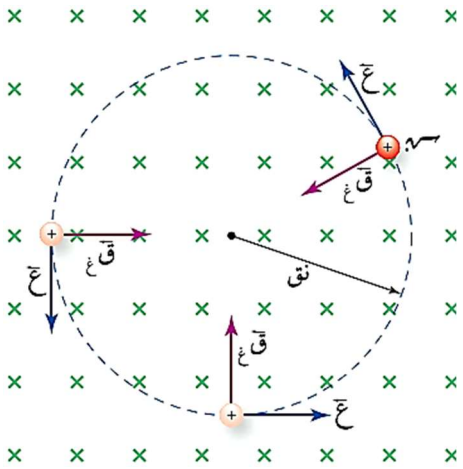


المجال المغناطيسي

السرعة عمودية على المجال

حالة خاصة ...

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



تُكسب الجسم تسارعاً مركزياً باتجاهها يعطى بالعلاقة :

$$ت_{مركزي} = \frac{ع^{٢}}{نق}$$

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

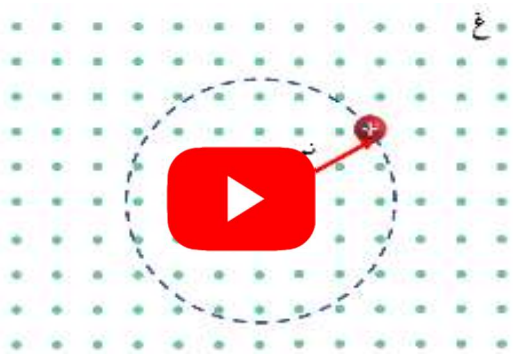
$$ق = ك \times ت$$

$$سـ ع غ جا ٩٠ = ك \times \frac{ع^{٢}}{نق} \longleftarrow نق = \frac{ك\ ع}{سـ ع غ}$$

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

الإجابة ...

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



المجال المغناطيسي

سؤال للتفكير ...

جسيم مشحون يتحرك عموديا 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 .

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) .

مثال (١) : دخل جسيم مشحون كتلته (٢ × ١٠ $^{-١٠}$) كغ , وشحنته (٢) ميكروكولوم مجالاً مغناطيسياً منتظماً (٠,٢) تسلا , بسرعة (١٠ ^{٣}) 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 (٥) ثوانٍ . ٥- شغل القوة المغناطيسية على الجسيم .

الحل:

١ $ق_{غ} = سهـ ع غ جا\theta$

$= ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٣} \times ٠,٢ \times جا٩٠$

$ق_{غ} = ٠,٤ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن

٢ $ق_{مركزية} = ق_{غ} = ك\ ت_{مركزي}$

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

$ت_{مركزي} = ٠,٢ \times ١٠^{٧}$ م/ث^{٢}

٣ $نق = \frac{ك\ ع}{سهـ غ}$

$= \frac{٢ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^{٣}}{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٠,٢}$

نق = ٠,٥ م

٤ القوة المغناطيسية لا تغير مقدار سرعة الجسيم، ولكن تغير اتجاه السرعة فقط، ولذلك فإن مقدار سرعة الجسيم سيبقى (١٠ ^{٣}) م/ث.

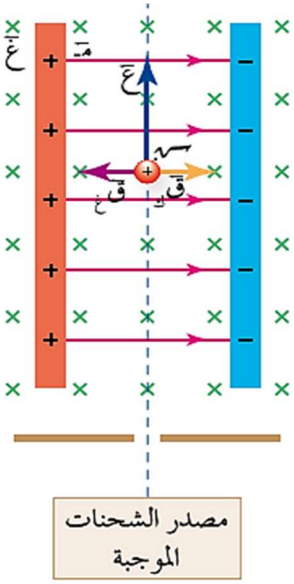
٥ ش (ق غ) = صفر دائماً

المجال المغناطيسي

قوة لورنتز

مـاذا لـــو..

ماذا لو قُذف جسيم مشحون في منطقة فيها مجال كهربائي و مجال مغناطيسي وكانا متعامدين على بعضهما ؟؟؟



نعلم أن الشحنة الكهربائية تتأثر بالمجال الكهربائي بقوة كهربائية (∽ مـ) سواء كانت متحركة أو ساكنة, ونعلم أيضاً أن الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي بشكل غير موازٍ للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية (∽ ع غ جا θ).

إذاً سوف تتأثر الشحنة بقوتين : قوة كهربائية و قوة مغناطيسية و تسمى محصلة هاتين القوتين **قوة لورنتز**.

$$\vec{ق}_{\text{لورنتز}} = \vec{ق}_{ك} + \vec{ق}_{غ}$$

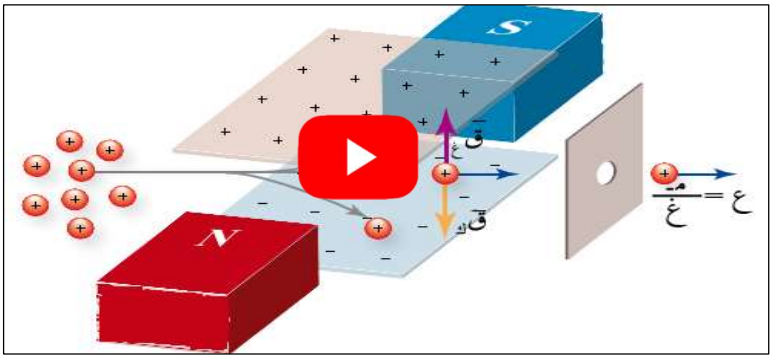
و تعرف بأنها : هي محصلة القوة الكهربائية و المغناطيسية المؤثرة على الجسيمات المشحونة المتحركة في مجالين متعامدين كهربائي و مغناطيسي .

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

$$ق_{ك} = ق_{غ}$$

$$∽ مـ = ∽ ع غ جا ٩٠$$

$$مـ = ع غ$$



جهاز منتقي السرعة

المجال المغناطيسي

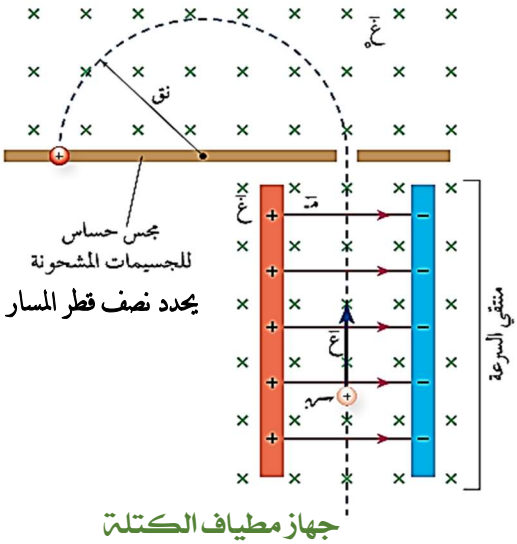
و هذا مبدأ عمل جهاز يستخدم في التجارب العملية للحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم يُسمى **جهاز منتقي السرعة** .

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

$$ع = \frac{مـ}{غ}$$

و من التطبيقات الأخرى على قوة لورنتز **جهاز مطياف الكتلة**

إذ يُضاف على جهاز منتقي السرعات مجال مغناطيسي (غ ₀) 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 تحققه 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- وضّح دور كل من المجال المغناطيسي (غ) و المجال المغناطيسي ($غ_{\circ}$) في هذا الجهاز .

الإجابة

١- يتكون من جهاز منتقي السرعة (مجالين كهربائي و مغناطيسي متعامدين على بعضهما) و من مجال مغناطيسي آخر ($غ_{\circ}$) .

٢- في البداية يقوم جهاز منتقي السرعة باختيار الجسيمات التي لها نفس السرعة , ثم تدخل بعد ذلك منطقة مجال مغناطيسي آخر ($غ_{\circ}$) 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

وفق العلاقة : $نس = \frac{ك ع}{سـ . غ_{\circ}}$

٣- استخداماته :

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

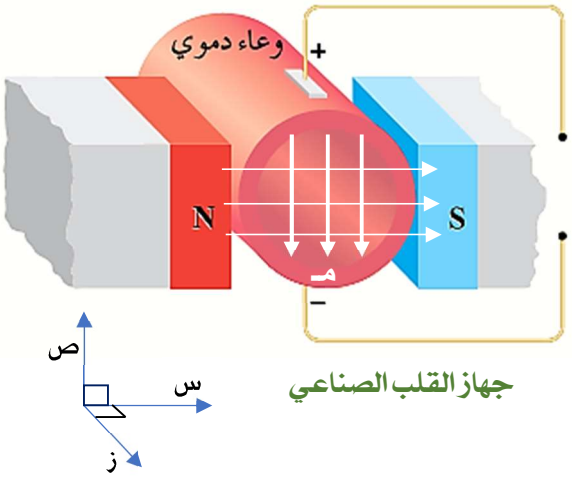
ب) **دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية** .

٤- المجال (غ) يولد قوة مغناطيسية تساوي في المقدار و تعاكس في الاتجاه القوة الكهربائية لضمان بقاء الشحنة متحركة في خط مستقيم . أما المجال ($غ_{\circ}$) 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 .



جهاز القلب الصناعي

الإجابة

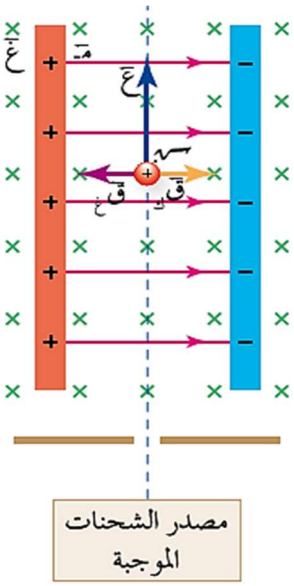
القوة الكهربائية على الأيونات الموجبة (ص –) و على الأيونات السالبة (ص +)

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

س ١٥ : أذكر ثلاثة تطبيقات عملية على قوة لورنتز

١- جهاز منتقي 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 صِفْ حركة الجسيم .

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

الحل :

المجال المغناطيسي

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

١- جـ = مـ ف

(٧,٥ – ٧,٥-) = مـ × ٠,١

مـ = ١٥٠ فولت / م

∴ ق ك = سـ مـ

ق ك = ٤ × ١٠-٦ × ١٥٠

= ٦ × ١٠-٤ نيوتن , س+

ق غ = سـ ع غ جاθ

ق غ = ٤ × ١٠-٦ × ٣٠٠ × ٠.٥ × جا٩٠

= ٦ × ١٠-٤ نيوتن , س-

ق لورنتز = ٦× ١٠ -٤ – ٦× ١٠ -٤

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

مثال (٣) : قذف جسيم شحنته (٠,٤) 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 :

١- $\overleftarrow{ق}_{لورنتز} = \overleftarrow{ق}_{ك} + \overleftarrow{ق}_{غ}$

ق ك = سـ مـ

= ٠.٤ × ١٠-٦ × ٥٠٠

= ٢٠٠ × ١٠-٦ نيوتن +س

ق غ = سـ ع غ جاθ

ق غ = ٠.٤ × ١٠-٦ × ١٠٠ × ٢ × جا٩٠

= ٨٠ × ١٠-٦ نيوتن , س-

ق لورنتز = ٢× ١٠ -٤ – ٠.٨× ١٠ -٤

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 (٥) تسلا حتى تصبح القوة المغناطيسية ٢٠٠ × ١٠-٦ نيوتن

المجال المغناطيسي

مثال (٤) : قذف بروتون بسرعة (١,٦ × ١٠ ^{٤}) م/ث (+ س) , نحو مجال كهربائي منتظم (٢ × ١٠ ^{٣}) 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 جسيما 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]

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 منتقي السرعة , أي أن :

ق ك (-ص) = ق غ (+ص)

~~ك~~ مـ = ~~ك~~ ع غ جا θ لحساب أقل مجال يجب أن يكون جا θ أكبر ما يمكن و هو (١)

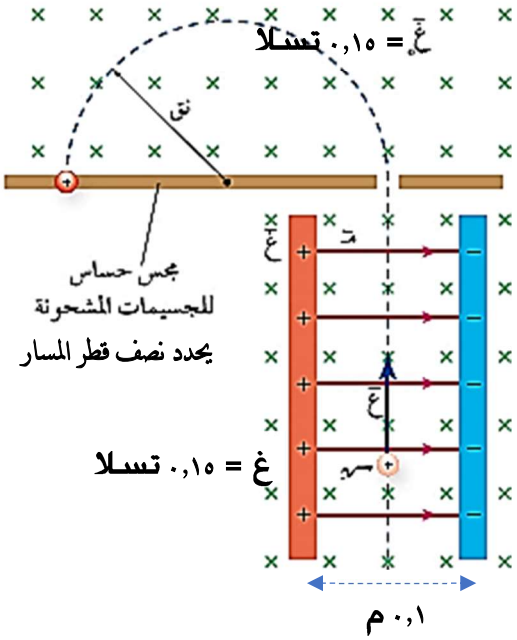
٢ × ١٠ ^{٣} = ١.٦ × ١٠ $^{-١٩}$ × غ ∴ غ = ٠,١٢٥ تسلا ,

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

٢- للحصول على السرعة المطلوبة هنا (١,٦ × ١٠ ^{٤}) م /ث يجب ضبط قيمة المجال الكهربائي و المغناطيسي عملياً حتى تحقق المعادلة ع = $\frac{\text{مـ}}{\text{غ}}$, وبما أنه لم يتغير أي من المجالين فلن ينحرف ألفا أو بيتا , بالنسبة لجسم ألفا تضاعُف الشحنة يعني تضاعُف 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 (٥) : في الشكل المجاور مخطط لجهاز يستخدم لدراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية , أجب عما يلي :



١- ماذا يُسمى هذا الجهاز ؟ واذكر استخداماً آخراً 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 بالمجس 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) فصِفْ 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- نجعل قوة لورنتز = صفر , أي نجعل القوة الكهربائية تساوي وتعاكس القوة المغناطيسية و ذلك بالتحكم عملياً بقيمة المجال الكهربائي و المجال المغناطيسي بحيث تكون سرعتها مساوية للنسبة $\frac{\text{مـ}}{\text{غ}}$.

٤- $\text{نق} = \frac{\text{ك ع}}{\text{سـ . غ}}$

$\therefore \frac{\text{ع} \times ١٠^{-٢٧} \times ١,٦}{٠,١٥ \times ١٠^{-١٩} \times ١,٦} = ٠,٢$

$\therefore$ ع = ٣ × ١٠^{٦} م/ث

لكن مـ = ع × غ حتى يسير دون انحراف

مـ = ٣ × ١٠^{٦} × ٠,١٥ = ٤,٥ × ١٠^{٥} فولت / م

جـ = مـ × ف

جـ = ٤,٥ × ١٠^{٥} × ٠,١

جـ = ٤,٥ × ١٠^{٤} فولت .

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 (مـ / 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 :

$$\text{نق} = \frac{\text{ك ع}}{\text{ب غ}}$$

اختبر نفسك

يحوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات العليا

المجال المغناطيسي

ثالثاً : القوة المغناطيسية المؤثرة على موصل مستقيم يحمل تيارا كهربائيا

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

وتفسير ذلك ..

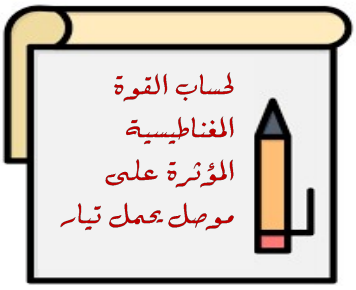
مرور تيار كهربائي في موصل يعني أن شحنات كهربائية تحركت باتجاه واحد في الموصل , و من المعلوم لدينا الآن أنه إذا تحركت شحنة في مجال مغناطيسي بشكل غير موازٍ للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية , فسيتأثر الموصل بقوة مغناطيسية هي محصلة القوى على الشحنات , و إليك الإثبات ..

القوة على شحنة واحدة : $ق_{غ} = س . ع غ جا\theta$

$ق_{غ} = س . \frac{ل}{ز} غ جا\theta$ لكن $ت = \frac{س}{ز}$

معدل الشحنة التي تعبر مقطع الموصل هي التيار

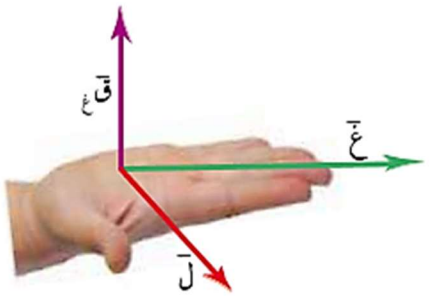
$\therefore$ **$ق_{غ} = ت ل غ جا \theta$** القوة على السلك هي محصلة القوى على جميع الشحنات



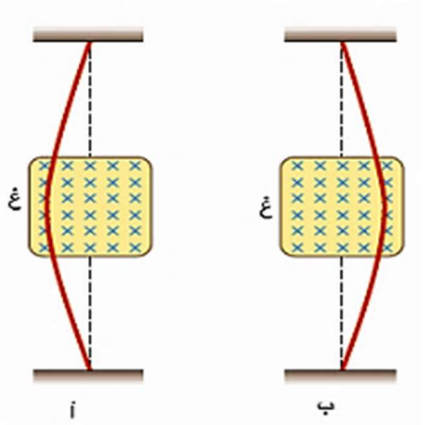
$ق_{غ} = ت ل غ جا \theta$

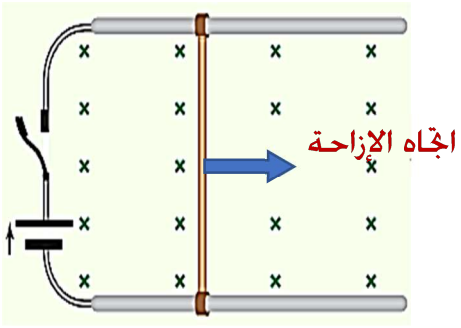
المجال المغناطيسي

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 .



ويحدد اتجاهها عملياً من اتجاه انحناء الموصل عندما يمر فيه تيار , أو من اتجاه ازاحته إن كان قابلاً للحركة كما في الشكلين المجاورين.





تحديد اتجاه القوة عمليا

العوامل التي تعتمد عليها القوة المؤثرة في موصل :

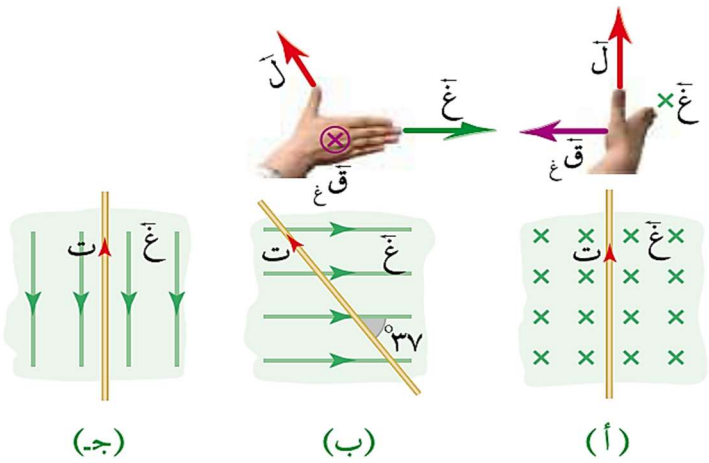
مقدار التيار الكهربائي و طول الموصل و مقدار المجال المغناطيسي و جيب الزاوية بين اتجاه السرعة و المجال , وجميع العوامل تتناسب معها القوة تناسباً طردياً .

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:

$ق_غ = ت\ ل\ غ\ جا\theta$

أ) $ق_غ = ٤ \times ٢٠ \times ١٠^{-٢} \times ٠,١ \times جا٩٠$

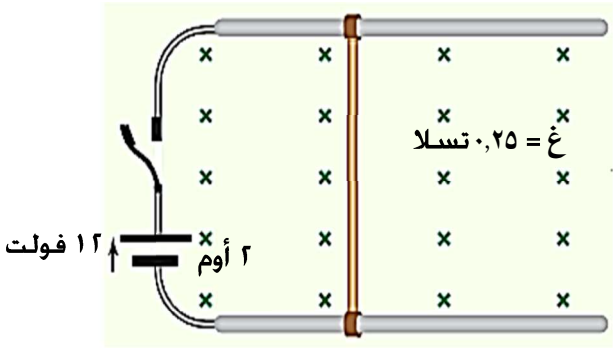
$ق_غ = ٠,٠٨$ نيوتن، باتجاه المحور السيني السالب.

ب) $ق_غ = ٠,٠٨ \times جا١٤٣ = ٠,٠٨ \times ٠,٦$

$ق_غ = ٤,٨ \times ١٠^{-٢}$ نيوتن، باتجاه المحور الزيني السالب.

جـ) $ق_غ = ٠,٠٨ \times جا١٨٠ =$ صفر

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 .

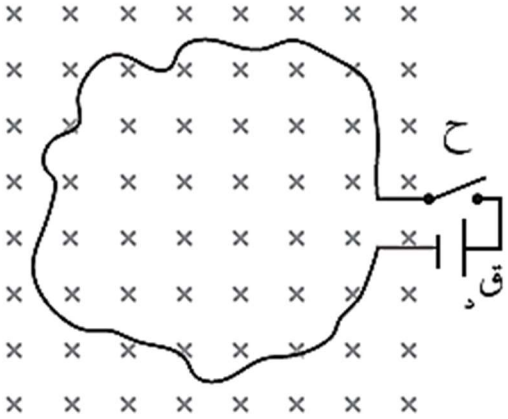
الحل :

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

المجال المغناطيسي

سؤال للتفكير ...

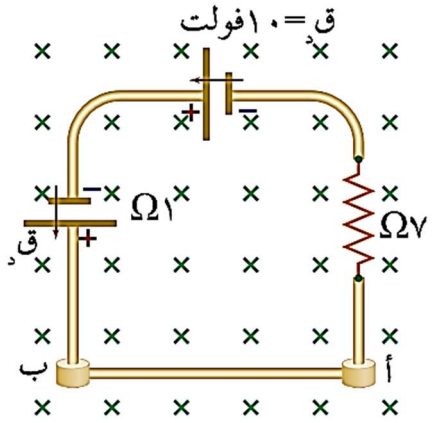
ماذا يحدث للحلقة في الشكل المجاور عند غلق المفتاح ؟



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

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 جـ = ت ل غ جا θ

$\frac{ك}{ل}$ جـ = ت غ جا θ

٢٠ × ١٠$^{-٣}$ × ١٠ ^{٢} × ١٠ = ت × ١٠ جا ٩٠

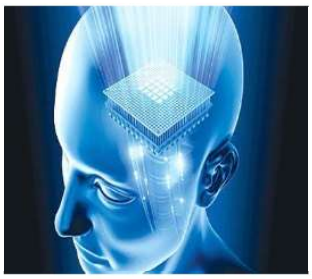
∴ ت = ٢ أمبير و من معادلة الدارة البسيطة نجد (ق د)...

$$ت = \frac{\sum ق_د}{\sum م} \qquad ٢ = \frac{١٠ + ق_د}{١ + ٧}$$

∴ ق د = ٦ فولت .

اختبر نفسك

Exam #3



يحوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات العليا

المجال المغناطيسي

رابعاً : مصادر المجال المغناطيسي

توصل العالِم 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 .. و اكتشاف 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 عُرفت **بقانون بيو - سافار** يعطى بالعلاقة التالية:

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

$$\Delta غ = \frac{\mu}{4\pi} ت \frac{\Delta ل \ جا\theta}{ف^2}$$

حيث :

μ: النفاذية المغناطيسية للوسط , فإذا كان الوسط فراغاً أو هواءً تكون $\mu_{.} = 4\pi \times 10^{-7}$ 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 :

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 ...

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

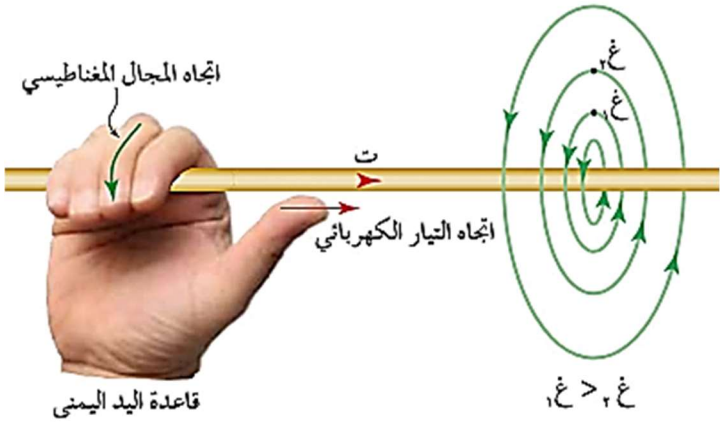
شاهد الفيديو التالي الذي يوضح المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي و كيفية تحديد اتجاه المجال المغناطيسي ..

المجال المغناطيسي

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

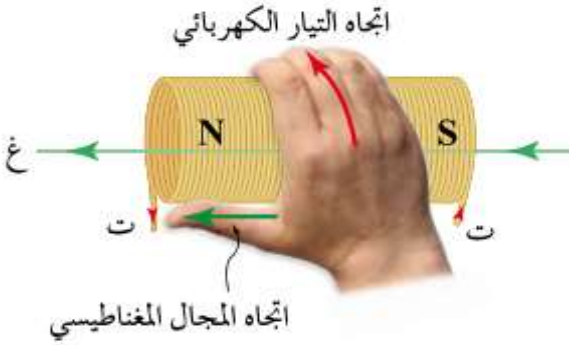
للموصل المستقيم :

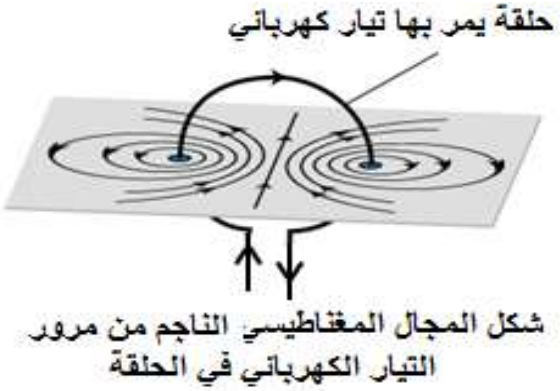
نقبض على السلك باليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار و يشير دوران الأصابع إلى اتجاه المجال (وعند نقطة محددة نأخذ مماساً على خط المجال)



للملف الدائري و للملف اللولبي:

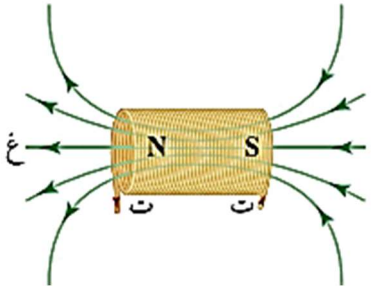
دوران الأصابع باتجاه التيار فيشير الإبهام إلى اتجاه المجال (القطب الشمالي)

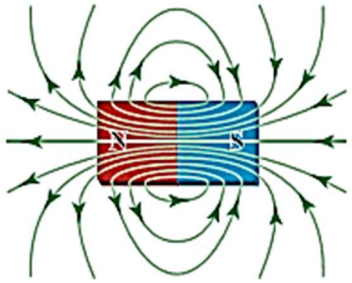




ملاحظات :

- 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 .

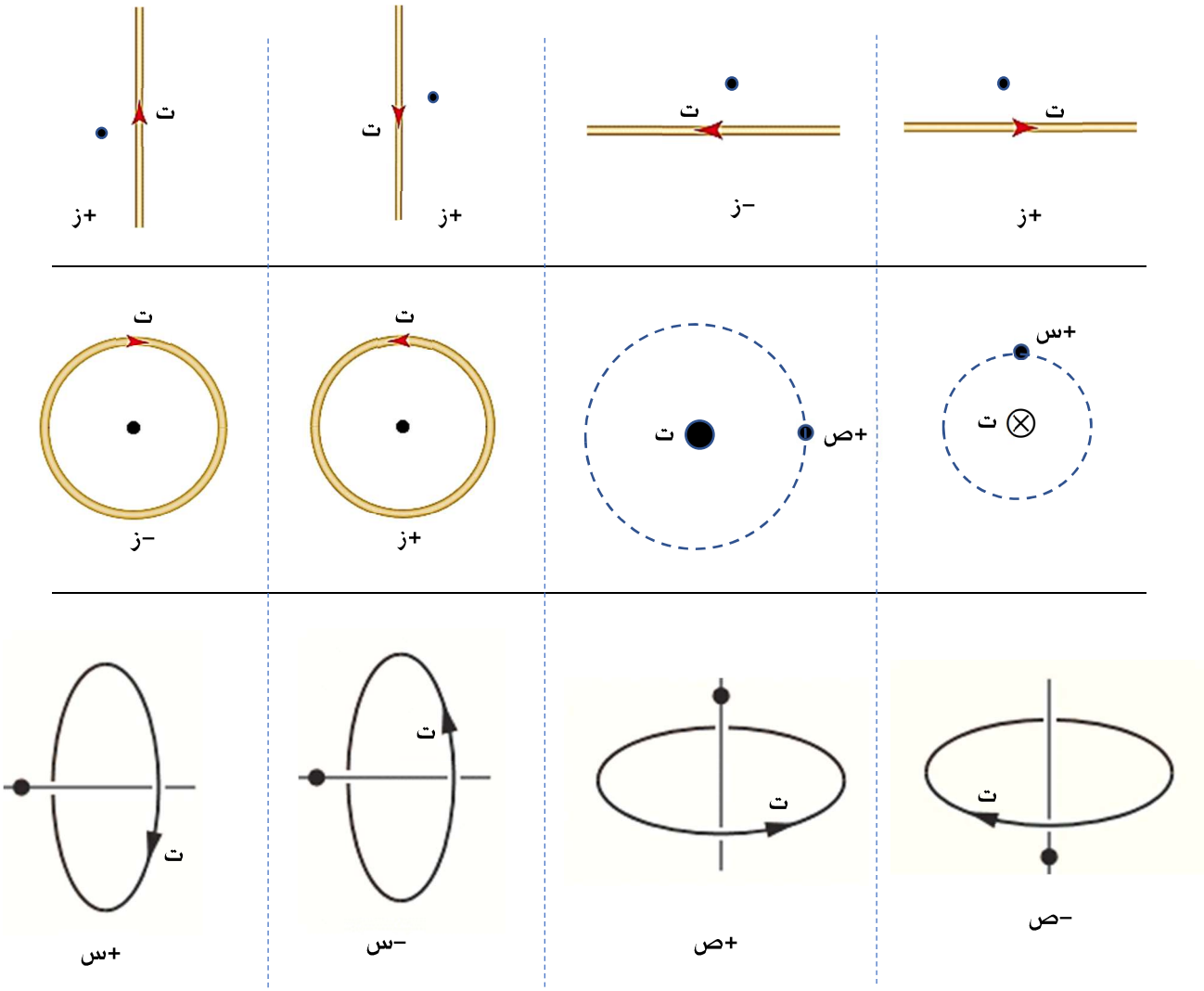


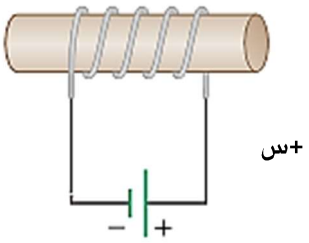


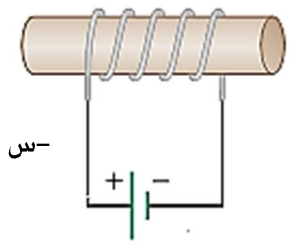
- كلما زاد تراص حلقات الملف اللولبي زاد انتظام مجاله , فلذلك نستخدم أسلاكاً رفيعة و متراصة للحصول على مجال منتظم تماماً داخل الملف اللولبي .

المجال المغناطيسي

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

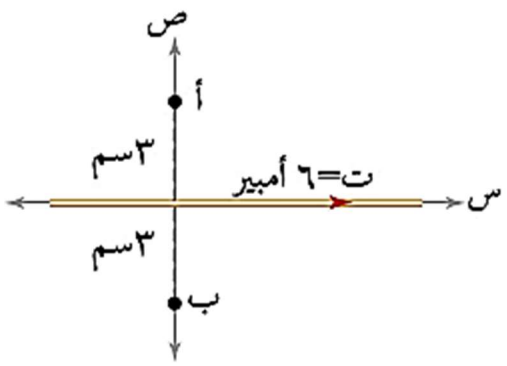






المجال المغناطيسي

مثال (١) : في الشكل المجاور موصل مستقيم طويل يحمل تياراً كهربائياً (٦) أمبير , أوجد ما يلي :

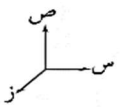


١- مقدار و اتجاه المجال المغناطيسي عند كل من النقطتين (أ) و (ب)

٢- القوة المغناطيسية المؤثرة على إلكترون لحظة مروره بالنقطة (ب) بسرعة (٢ × ١٠ ^{٦}) م/ث باتجاه التيار .

الحل :

١- 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$_{أ}$)، و(غ$_{ب}$) متساوٍ، ويحسب من العلاقة:



$$غ = \frac{\mu_{ت}}{٢\pi ف}$$

$$غ_{أ} = غ_{ب} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٦}{٣ \times \pi ٢ \times ١٠^{-٢}}$$

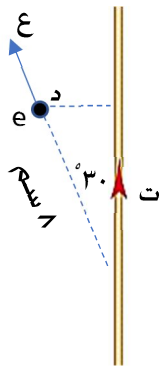
$$= ٤ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا}$$

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 ⊗.

٢- ق غ = سـ ع غ جاθ = ١,٦ × ١٠ $^{-١٩}$ × ٢ × ١٠ ^{٦} × ٤ × ١٠ $^{-٥}$ × جا ٩٠ = ١٢,٨ × ١٠ $^{-١٨}$ نيوتن (-ص).

مثال (٢) : تأثر إلكترون بقوة (٩,٦ × ١٠ $^{-١٨}$) نيوتن عندما مرّ بالنقطة (د) في الشكل المجاور بسرعة (٢ × ١٠ ^{٦}) م/ث أوجد مقدار التيار في الموصل و اتجاه القوة على الإلكترون .

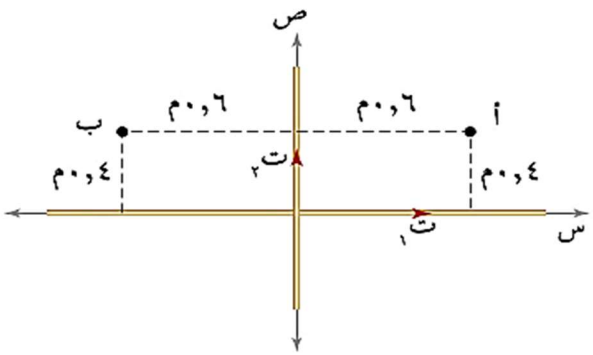
[الإجابة : ت = ٦ أمبير , اتجاه القوة : ٢١٠°]



الحل :

المجال المغناطيسي

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

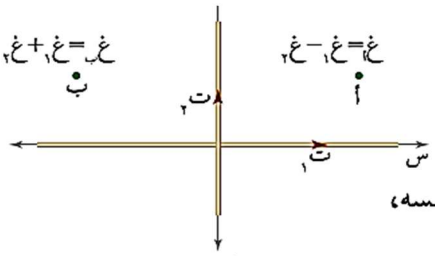


الحل :

$$غ_{١} = \frac{\mu_{\circ} ت_{١}}{٢\pi ف_{١}} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٠,٤ \times \pi ٢}$$

$\overrightarrow{غ_{١}}$ = ٦ × ١٠$^{-٦}$ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب ⊙.

$\overrightarrow{غ_{٢}}$ = ٤ × ١٠$^{-٦}$ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب ⊗.



$\overrightarrow{غ_{أ(المحصلة)}}$ = $\overrightarrow{غ_{١}} - \overrightarrow{غ_{٢}}$ = ٢ × ١٠$^{-٦}$ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب ⊙.

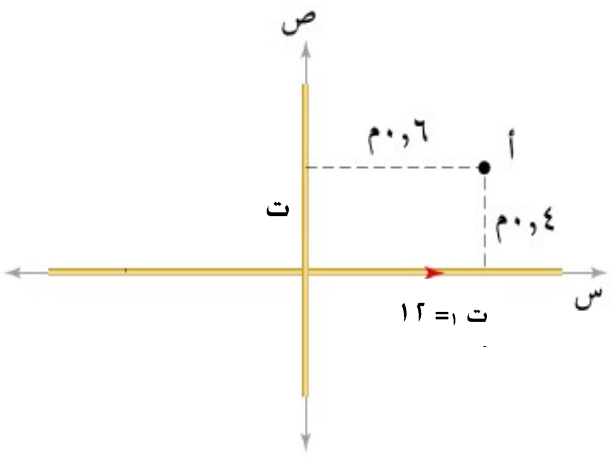
- أما عند النقطة (ب) والتي لها بعد النقطة (أ) نفسه عن السلكين فإن المجالين بالاتجاه نفسه، ولهذا يكون المجال المغناطيسي المحصل:

$\overrightarrow{غ_{ب(المحصلة)}}$ = $\overrightarrow{غ_{١}} + \overrightarrow{غ_{٢}}$ = ١٠ × ١٠$^{-٦}$ تسلا، باتجاه المحور الزيني الموجب ⊙.

***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 ٢)

[الإجابة : ١٢ أمبير , للأعلى]

الحل :

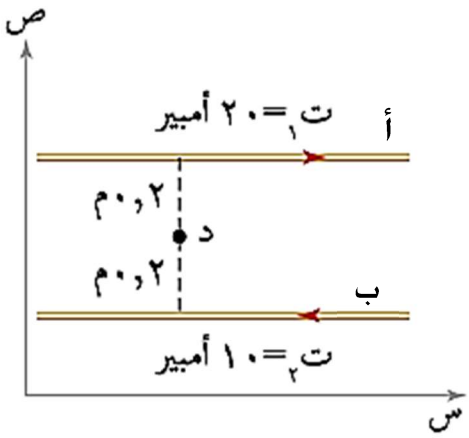


المجال المغناطيسي

مثال (٥) : في الشكل المجاور موصلان مستقيمان يحملان تيارين كهربائيين , اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل أوجد ما يلي :

١- القوة المؤثرة على شحنة (- ٥) ميكروكولوم , لحظة مرورها بالنقطة (د) بسرعة (٢ × ١٠^٦) م/ث باتجاه محور السينات السالب .

٢- بعد النقطة (أو النقاط) التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي .



الحل :

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

$$\overline{غ}_1 = \frac{\mu_0 ت_1}{2\pi ف_1} = \frac{٢٠ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٠,٢ \times \pi ٢} = ٢ \times ١٠^{-٥}$$ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.

$$\overline{غ}_2 = \frac{\mu_0 ت_2}{2\pi ف_2} = \frac{١٠ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٠,٢ \times \pi ٢} = ١ \times ١٠^{-٥}$$ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.

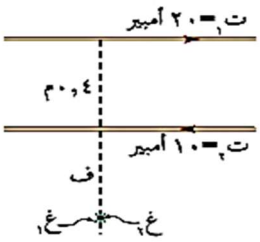
وعليه، يكون المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د) حاصل جمع المجالين:

$$\overline{غ}_{د\,(المحصلة)} = \overline{غ}_1 + \overline{غ}_2 = ٣ \times ١٠^{-٥}$$ تسلا، باتجاه المحور الزيني السالب.

ثم نستخدم قانون القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة :

ق غ = سـ ع غ جاθ = ٥ × ١٠^-٦ × ٢ × ١٠^٦ × ٣ × ١٠^-٥ × جا ٩٠ = ٣٠ × ١٠^-٥ نيوتن , (-ص) .

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



$$غ_1 = غ_2$$

$$\frac{\mu_0 ت_1}{2\pi ف_1} = \frac{\mu_0 ت_2}{2\pi ف_2}$$

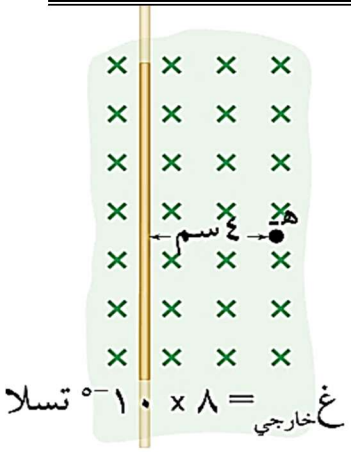
$$\frac{٢٠}{ف} = \frac{١٠}{(ف + ٠,٤)}$$

٢٠ ف = ١٠ ف + ٤ ⇐ ف = ٠,٤ 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

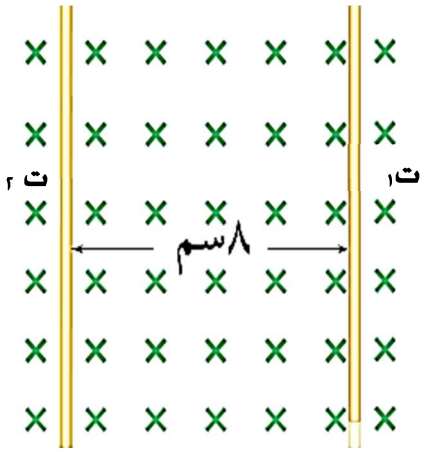
مثال (٧) : في الشكل المجاور موصل طويل و مستقيم مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٨ × ١٠ $^{-٥}$) تسلا , أثرت قوة مقدارها (١) ملي نيوتن نحو (+ص) في شحنة سالبة مقدارها (٢) ميكروكولوم لحظة مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (٥×١٠^{٦}) م/ث باتجاه (-س) , أوجد مقدار و اتجاه التيار في الموصل.



الحل :

[الإجابة : ٤ أمبير (+ص)]

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



غ خارجي = ٤ × ١٠ $^{-٥}$ تسلا

الحل :

بما أن الموصلين متزنان فإن محصلة المجال المغناطيسي عند كل موصل

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

غ خارجي = – غ ٢ عند (ت١) , أي أن اتجاه مجال (ت٢) في موقع التيار الأول (+ز)

$$٤ \times ١٠^{-٥} = \frac{\mu_{.} \, ت_{٢}}{٢\pi ف}$$ و حسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه ت٢ للأسفل .

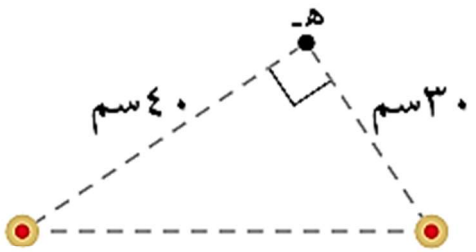
$$٤ \times ١٠^{-٥} = \frac{٢ \times ١٠^{-٧} \times ت_{٢}}{٨ \times ١٠^{-٢}}$$ ت٢ = ١٦ أمبير , و بنفس الطريقة

نجد ت١ = ١٦ 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) .

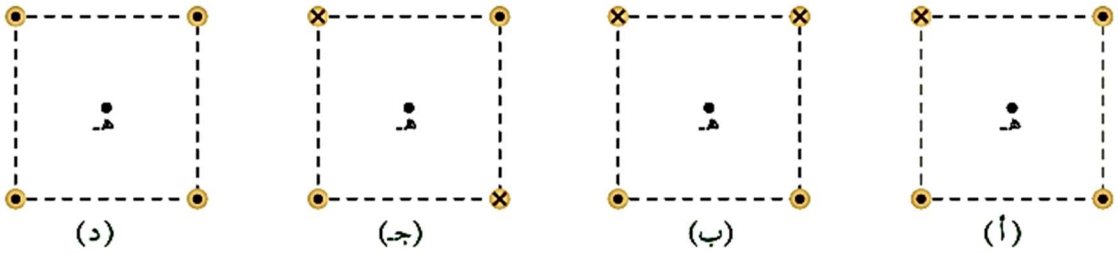


[الإجابة : ١) ١٨ سم عن ت١ ٢) ١ × ١٠ $^{-٥}$ تسلا , ظا θ = ٠,٧٥]

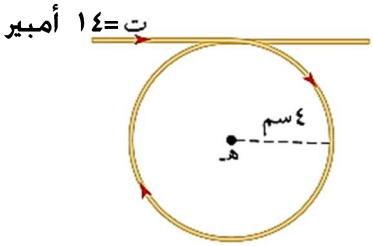
الحل :

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) .



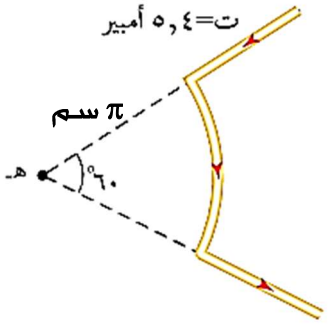
[الإجابة : ب > أ > جـ = د]



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

الحل :

[الإجابة : ٢٩ × ١٠ $^{-٥}$ تسلا , (– ز)]

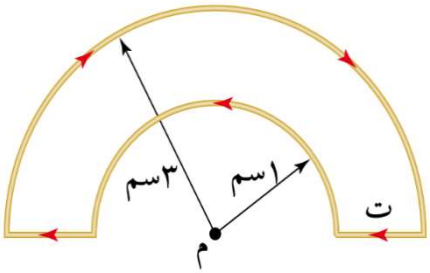


مثال (١٢) : في الشكل أوجد المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ)

الحل :

[الإجابة : ١,٨ × ١٠ $^{-٥}$ تسلا , (– ز)]

مثال (١٣) : في الشكل المجاور إذا كانت محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة(م) تساوي ٤π × ١٠$^{-٥}$ تسلا , أوجد مقدار التيار الكهربائي , ثم حدد اتجاه المجال المغناطيسي .

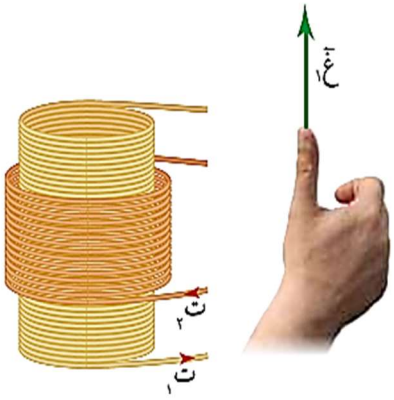


الحل :

[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 :

١- $غ_{١} = \mu_{\circ} ت_{١} ن_{١}$ $= ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٨ \times ١٥ \times ١٠^{٢}$

$غ_{١} = ٤٨\pi \times ١٠^{-٤}$ تسلا، باتجاه (+ص).

$غ_{٢} = \frac{\mu_{\circ} ت_{٢} ن_{٢}^{٢}}{ل_{٢}} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٣ \times ٢٠٠٠}{٢٤ \times ١٠^{-٢}}$

$غ_{٢} = ١٠٠\pi \times ١٠^{-٤}$ تسلا، باتجاه (−ص).

وعليه، فإن المجال المغناطيسي المحصل عند المحور المشترك:

$غ_{(المحصلة)} = غ_{٢} - غ_{١} = ١٠٠\pi \times ١٠^{-٤} - ٤٨\pi \times ١٠^{-٤}$

$غ_{(المحصلة)} = ٥٢\pi \times ١٠^{-٤}$ تسلا، باتجاه (−ص).

٢- $غ_{١} = غ_{٢}$

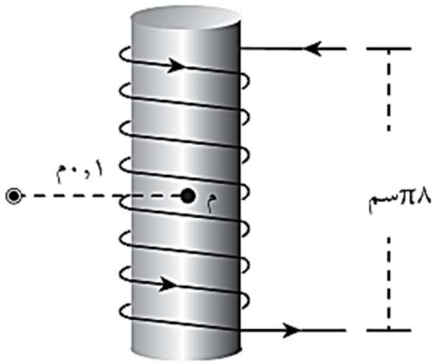
$\mu_{\circ} ت_{١} ن_{١} = \frac{\mu_{\circ} ت_{٢} ن_{٢}^{٢}}{ل_{٢}}$

$٨ \times ١٥ \times ١٠^{٢} = \frac{ت_{٢} \times ٢٠٠٠}{٢٤ \times ١٠^{-٢}}$

$ت_{٢} = ١,٤٤$ أمبير

مثال (١٥):

يبيّن الشكل موصلًا مستقيمًا لا نهائي الطول يسري فيه تيار (١٥) أمبير، وملفًّا لولبيًّا عدد لفاته (٤٠) لفة، وطوله (٨π) سم، ويسري فيه تيار (٠,٤) أمبير، معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل، جد:



١) المجال المغناطيسي عند النقطة (م).

٢) القوة المغناطيسية المؤثّرة في جسيم مشحون شحنته (-٢×١٠^{-٩}) كولوم لحظة مروره بالنقطة (م) بسرعة (١×١٠^{٥})م/ث باتجاه (+س).

الحل :

١) $غ_{محصل} = غ_{مستقيم} + غ_{لولبي}$

$$غ_{مستقيم} = \frac{\mu_{\circ} ت}{ف \pi ٢}$$

$$غ_{مستقيم} = \frac{١٥ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{٠,١ \times \pi \times ٢} = ٣ \times ١٠^{-٥}$$ تسلا، باتجاه (+ص)

$$غ_{لولبي} = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{ل} = \frac{٤٠ \times ٠,٤ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{^{-٢}١٠ \times \pi ٨} = ٨ \times ١٠^{-٥}$$ تسلا باتجاه (+ص).

$غ_{محصل} = غ_{مستقيم} + غ_{لولبي}$

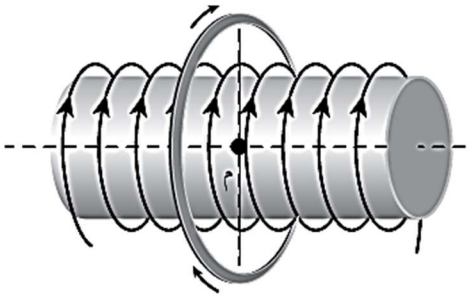
$غ_{محصل} = ٣ \times ١٠^{-٥} + ٨ \times ١٠^{-٥} = ١١ \times ١٠^{-٥}$ تسلا باتجاه (+ص).

٢) $ق_{غ} = ـــ ع غ جا \theta$ $\qquad \theta = ٩٠$

$ق_{غ} = ٢ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^{٦} \times ١١ \times ١٠^{-٥} = ٢٢ \times ١٠^{-٩}$ نيوتن، باتجاه (–ز) (لاحظ أن الشحنة سالبة).

مثال (١٦):

ملف لولبي، عدد لفاته (٥٠) لفة، وطوله (٢٠) سم، يسري فيه تيار (٢) أمبير بالاتجاه المبين في الشكل، لُف حوله ملف دائري حيث ينطبق مركز الملف الدائري على محور الملف اللولبي ، فإذا كان نصف قطر الملف الدائري ($\pi ٤$) سم، وعدد لفاته (٨٠) لفة، ويمر فيه تيار (١) أمبير، وحيث إن: ($\pi = ٣,١٤$) جد:



أ) المجال المغناطيسي عند النقطة (م) مقدارًا واتجاهًا.

ب) القوة المغناطيسية المؤثّرة في جسيم مشحون شحنته (١×١٠^{-٦}) كولوم لحظة مروره من النقطة (م) بسرعة (٢×١٠^{٤}) م/ث باتجاه (+ز).

الحل :

أ) $غ_{دائري} = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{٢ نق} = \frac{٨٠ \times ١ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{^{-٢}١٠ \times \pi ٤ \times ٢} = ٤٠ \times ١٠^{-٥}$ تسلا باتجاه (–س).

$غ_{لولبي} = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{ل} = \frac{٥٠ \times ٢ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{^{-٢}١٠ \times ٢٠} = ٦٢,٨ \times ١٠^{-٥}$ تسلا باتجاه (–س).

$غ_{محصل} = غ_{دائري} + غ_{لولبي}$

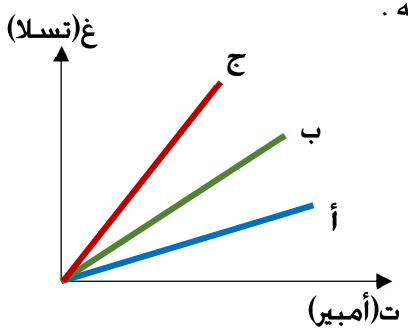
$غ_{محصل} = ٤٠ \times ١٠^{-٥} + ٦٢,٨ \times ١٠^{-٥} = ١٠٢,٨ \times ١٠^{-٥}$ تسلا باتجاه (–س).

ب) $ق_{غ} = ش ع غ جا\theta$ $\qquad \theta = ٩٠$

$ق_{غ} = ١ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{٤} \times ١٠٢,٨ \times ١٠^{-٥} = ٢٠٥,٦ \times ١٠^{-٧}$ نيوتن، باتجاه (–ص).

مثال (١٧): في الشكل المجاور علاقة بيانية بين التيار الكهربائي و المجال المغناطيسي المتولد في ثلاثة ملفات لولبية مختلفة (أ , ب , ج) و بجانبه جدول يبين الأبعاد الهندسية لهذه الملفات , حدد لكل ملف المنحنى الذي يناسبه .

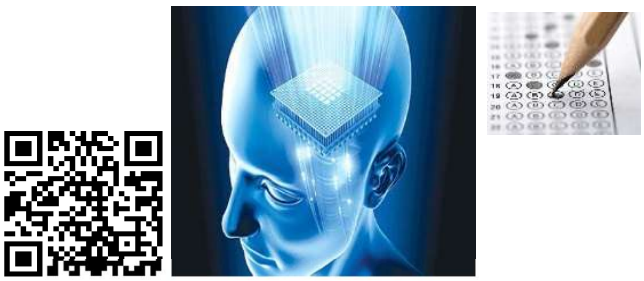
	طول الملف	عدد اللفات	نصف القطر
ملف ١	ل	ن	نق
ملف ٢	٠,٥ ل	٢ ن	٢ نق
ملف ٣	٢ ل	ن	٤ نق



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

اختبر نفسك

Exam #4

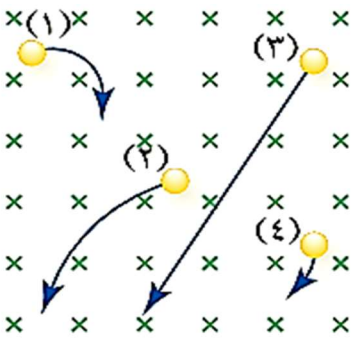


يحوي هذا الاختبار على أسئلة القدرات

المجال المغناطيسي

مسائل إضافية

س١ : أدخلت أربعة جسيمات متماثلة في الكتلة و السرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم , فاتخذت 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 .

الإجابة

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

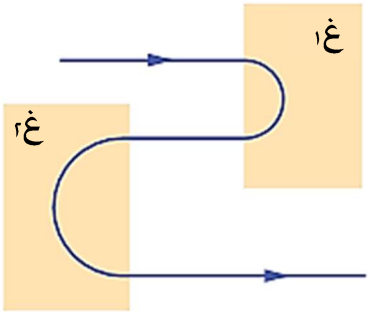
٢- نصف القطر يتناسب عكسياً مع مقدار الشحنة فالشحنة الأكبر لها نصف قطر أصغر , و نعلم أن أصغر قيمة للشحنة هي صفر و ليس السالب فيكون الترتيب التنازلي :

(٤)> (١) > (٢) > (٣)=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 .

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

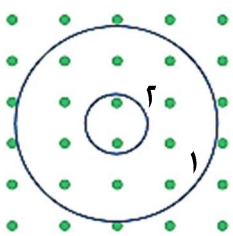


١- قارن سرعة الجسيم في المجالين .

٢- قارن بين المجالين (غ١) و (غ٢) 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 .]

الإجابة س ٢ :

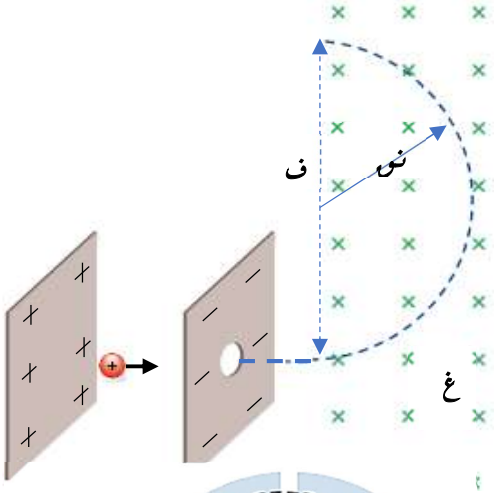
١- متساوية ٢- (غ١) < (غ٢),

غ١: ⊗ , غ٢ : ●

٣- صفر للمجالين

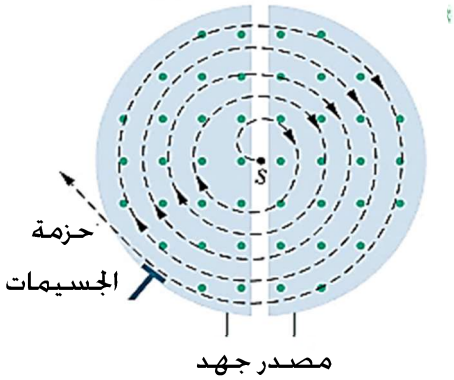
المجال المغناطيسي

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



$$\text{نق} = \frac{1}{\text{غ}} \sqrt{\frac{2\,\text{جـ}\,\text{ك}}{\text{ش}}}$$

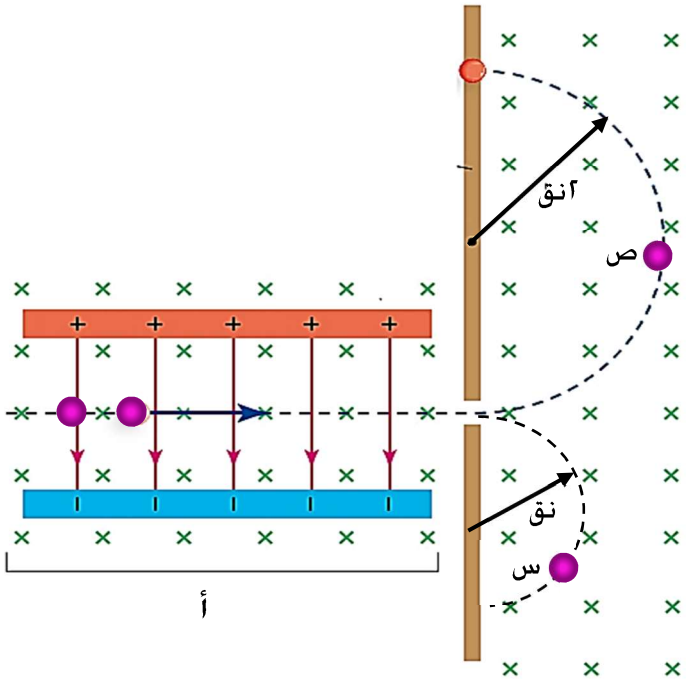
س ٥ : يُراد تسريع بروتونات لغاية (٠,١ س) { حيث س سرعة الضوء = ٣ ×١٠^٨ م/ث } باستخدام مسارع دائري , و يتعرض البروتون لمجال مغناطيسي منتظم (١,٥) تسلا عمودياً على سرعة البروتون احسب أقل مساحة ممكنة للمسارع .



(اعتبر نسبة شحنة البروتون إلى كتلته ١×١٠^٨ كولوم/كغ)

[الجواب : ٤π× ١٠^-٢ م^٢]

س ٦ : قذف جسيمان (س) و (ص) متساويان في الشحنة في جهاز مطياف الكتلة فاتخذا 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 ؟

الإجابة..

١- منتقي السرعة.

٢- نفس السرعة لأنهما تحركا في خط مستقيم داخل جهاز منتقي السرعة فحققت سرعتهما نسبة (مـ / غ).

٣- شحنة (ص) موجبة , وشحنة (س) سالبة

٤- ك ص : ك س = ٢ : ١

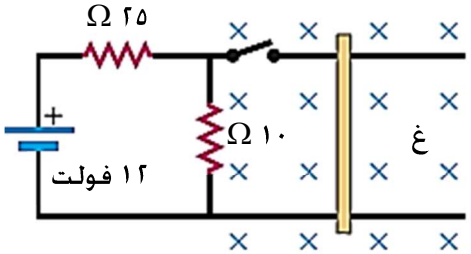
٥- صفر , القوتان متعامدتان على السرعة (و بالتالي على الإزاحة) فيكون ش = ق ف جتاθ = صفر .

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

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

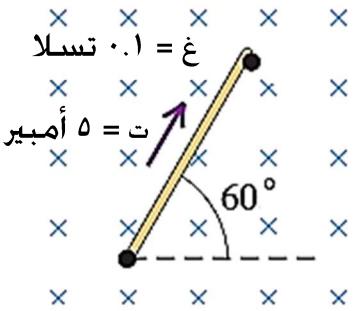
ج) تتضاعف كل من القوة الكهربائية و المغناطيسية فتبقى قوة لورنتز صفر , فيخرجا ويتنصف نصف القطر .

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]

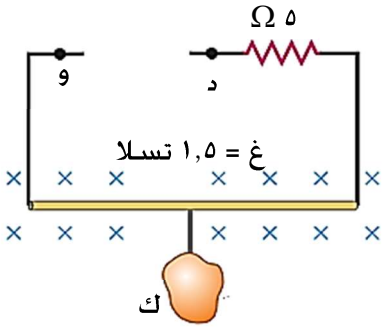
س ٨ : أوجد مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل في الشكل المجاور .



[الإجابة : ٠,٥ نيوتن / م , ١٥٠°]

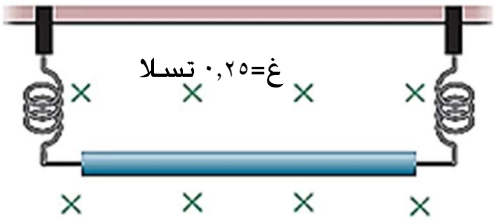
المجال المغناطيسي

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



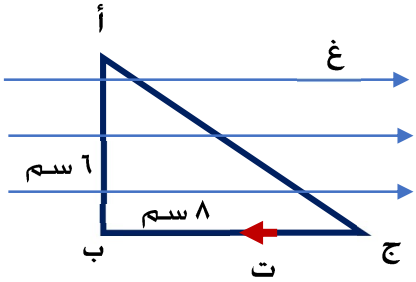
[الإجابة : ١٢٥ فولت , من (و) إلى (د)]

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



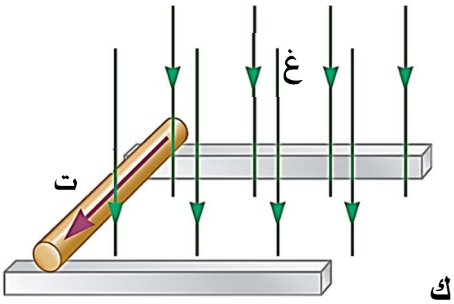
[الإجابة : ١٦ أمبير , لليمين]

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 ,



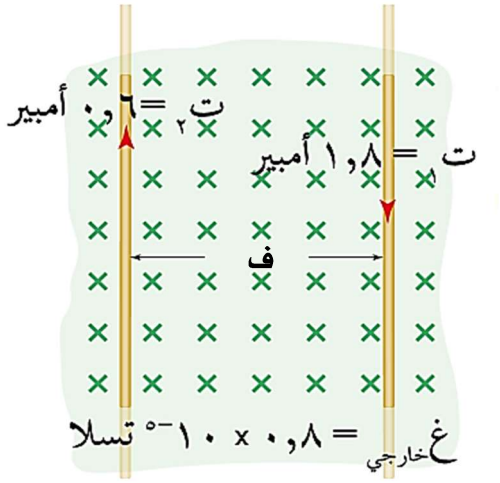
الحل :

$$ت = \frac{ق}{ك} \quad ت = \frac{ت\ ل\ غ\ جا\theta}{ك} \quad \text{, كتلة وحدة الأطوال } \frac{ك}{ل}$$

$$ت = \frac{٥ \times ٠,٤ \times جا\ ٩٠}{٠,٢} = ١٠\ م/ث^{٢}$$

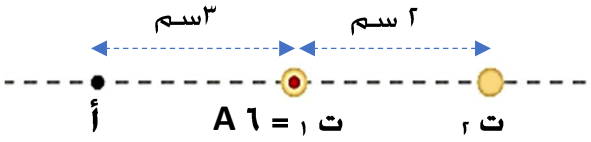
المجال المغناطيسي

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 (٦١٠) نيوتن / كولوم ,يصطدم الجسيم في المجس الحساس على بعد (١٠) سم من فتحة خروجه من المجالين . فكم تكون نسبة شحنته إلى كتلته ؟

الحل :

$$\text{نس} = \frac{\text{ك ع}}{\text{سـ}٠ \text{ غ}} \quad \text{لكن} \quad \text{ع} = \frac{\text{مـ}}{\text{غ}} \quad \therefore \quad \text{نس} = \frac{\text{ك مـ}}{\text{سـ}٠ \text{ غ}^{٢}}$$

فتكون :

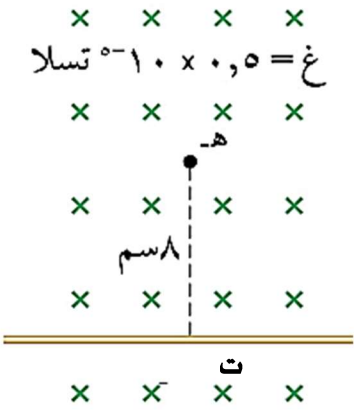
$$\frac{\text{سـ}٠}{\text{ك}} = \frac{\text{مـ}}{\text{نس غ}^{٢}}$$

$$\frac{\text{سـ}٠}{\text{ك}} = \frac{٦١٠}{٥ \times ١٠^{-٢} \times ٢^{٢}} = ٥ \times ١٠^{٦} \text{ كولوم / كغ .}$$

المجال المغناطيسي

س ١٦ : في الشكل المجاور موصل مستقيم يحمل تياراً , مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥ × ١٠ $^{-٥}$) تسلا , إذا كانت القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (٤×١٠ $^{-٥}$) نيوتن/م باتجاه محور الصادات الموجب , أوجد مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في شحنة سالبة مقدارها (٢) نانوكولوم لحظة مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (٤٠٠) م/ث باتجاه محور السينات السالب .

[الإجابة : ١٢ × ١٠ $^{-١٢}$ نيوتن (–ص)]

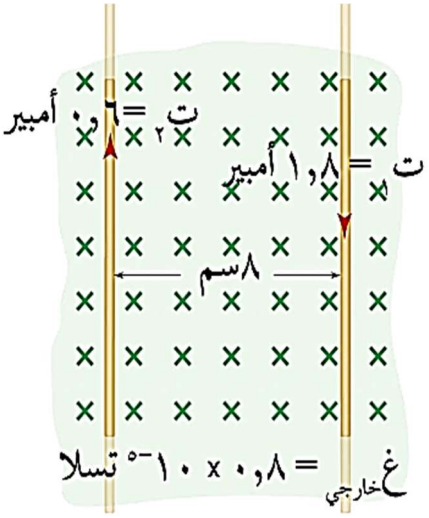


س ١٧ : اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور . أوجد ما يلي:

١- مقدار و اتجاه المجال المحصل عند الموصل الثاني .

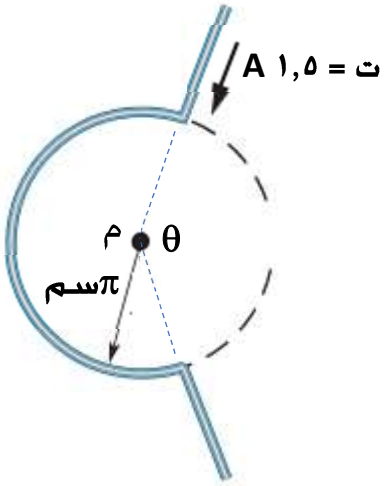
٢- القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الثاني .

[الإجابة : ١- ١,٢٥ ×١٠ $^{-٥}$ تسلا (–ز) , ٢- ٠,٧٥ × ١٠ $^{-٥}$ N/م (–س)]

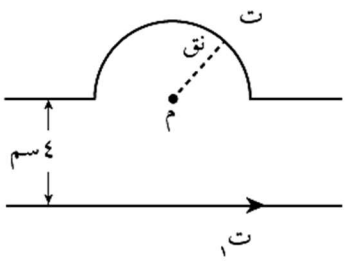


س ١٨ : في الشكل المجاور إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (م) يساوي ٢ × ١٠ $^{-٥}$ تسلا , أوجد مقدار الزاوية (θ) .

[الإجابة : ٢٤٠°]



س ١٩ :



يمثّل الشكل موصلًا مستقيمًا يسري فيه تيار (ت١=٨ أمبير)، وموصلًا آخر صُنع منه نصف لفة نصف قطرها (π) سم ويسري فيه تيار(ت)، جد مقدار التيار(ت) وحدّد اتجاهه، إذا علمت أن المجال المحصل عند النقطة (م) يساوي صفرًا.

الحل

نحدّد اتجاه غ$_{مستقيم}$ عند النقطة (م) باستخدام قاعدة اليد اليمنى فيكون نحو (+ز)، وبما أن (غ$_{محصل}$=٠)؛ فإن غ$_{دائري}$ نحو (−ز)، وبتطبيق العلاقة:

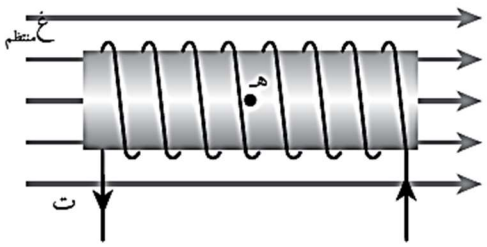
غ$_{مستقيم}$ = غ$_{دائري}$

$$\frac{\mu_{\circ} ت_{١}}{٢\pi ف} = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{٢ نق} \quad ، \text{حيث} \quad ن = ٠,٥ \text{ لفة}$$

$$\frac{٨ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \times \pi \times ٤ \times ١٠^{-٢}} = \frac{٠,٥ \times ت \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \times \pi \times ١٠^{-٢}}$$

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

الحل :

أ) $غ_{\text{لولبي}} = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{ل}$

$غ_{\text{لولبي}} = \frac{١٠٠ \times ٧ \times ^{٧-}١٠ \times \pi ٤}{^{٢-}١٠ \times ٢٢} = ٤ \times ١٠^{-٣}$ تسلا ، باتجاه (–س)

$غ_{\text{محصل}} = غ_{\text{خارجي}} - غ_{\text{لولبي}}$

$غ_{\text{محصل}} = ٩ \times ١٠^{-٣} - ٤ \times ١٠^{-٣} = ٥ \times ١٠^{-٣}$ تسلا باتجاه (+س).

ب) $ق_{غ} = ش ع غ$ جاθ ($\theta = ٩٠$ ، جا ٩٠ = ١)

$ق_{غ} = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٥ \times ١٠^{٦} \times ٥ \times ١٠^{-٣} \times ١ = ٤ \times ١٠^{-١٥}$ نيوتن، باتجاه (–ز).

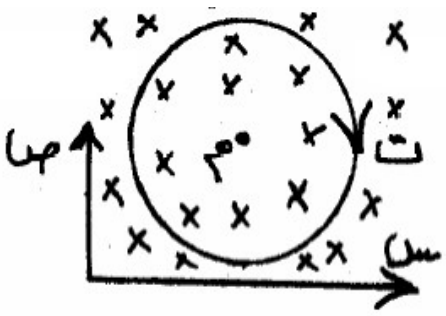
للحصول على شرح فيديو للأسئلة تواصل معنا على صفحة الفيس بوك : Rasheed. physics

* * * *

المجال المغناطيسي

أسئلة وزارية

وزارة ٢٠٠٨ دورة شتوية :



ملف دائري عدد لفاته (٧) لفات , ونصف قطره (٤×١٠^{-٢}) م , يمرّ فيه تيّار كهربائي مقداره (٢) أمبير , مغمور في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (١×١٠^{-٥}) تسلا , كما في الشكل : **أولاً** :

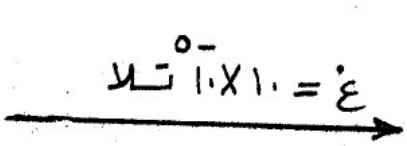
١) احسب مقدار و اتجاه المجال المحصل في مركز الملف (م) .

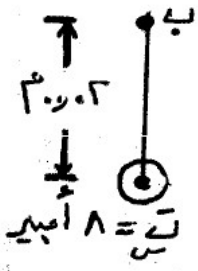
٢) ما اسم القاعدة التي اتبعتها لتحديد اتجاه المجال عند مركز الملف (م).

٣) احسب مقدار و اتجاه القوة المغناطيسية التي يؤثر فيها المجال المحصل في شحنة (-١×١٠^{-٣}) كولوم تتحرك باتجاه يوازي محور السينات الموجب بسرعة (١×١٠^{٣}) 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 (١٠×١٠^{-٥}) تسلا كما في الشكل المجاور , بالاستعانة بالله ثم بالقيم المثبتة على الشكل احسب:

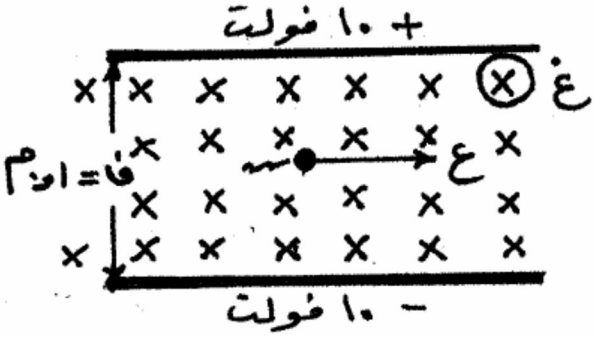
١- القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (س) .

٢- محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (ب) .

٣- وزن جسيم شحنته ($+٤\times١٠^{-٩}$) كولوم لحظة مروره من النقطة (ب) محافظاً على اتجاه حركته بسرعة ($١٠^{٧}$) م/ث و باتجاه عمودي على الصفحة للأعلى .

المجال المغناطيسي

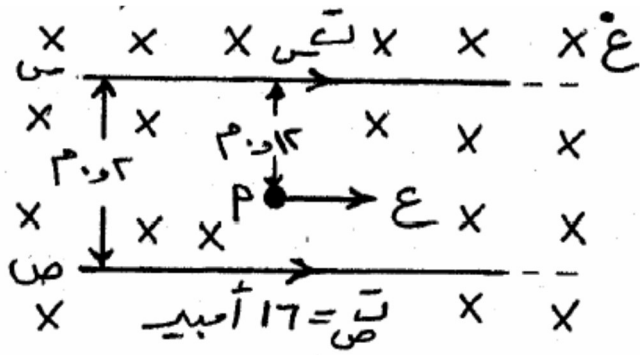
وزارة ٢٠٠٩ دورة شتوية :



صفيحتان مشحونتان و مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا , تحرك جسيم مهمل الكتلة مشحون بشحنة موجبة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) 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 :



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

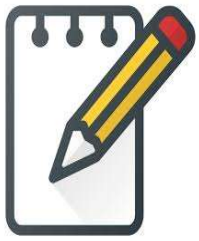
للحصول على جميع أسئلة الوزارة مع إجاباتها النموذجية حمّلها من هنا

* * * *

المجال المغناطيسي

المـــراجعـــــة المـكثفـــة

القـوانـيـن ..



- **القوة المغناطيسية :** ١- على جسيم مشحون : $ق_غ = ش ع غ جا\theta$

٢- على موصل يحمل تياراً : $ق_غ = ت ل غ جا\theta$

- **المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار الكهربائي :**

١- حول موصل مستقيم : $غ = \frac{\mu_{\circ} ت}{2\pi ف}$

٢- في مركز الملف الدائري : $غ = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{2 نق}$ ، $ن = \frac{\theta}{360^{\circ}}$

٣- داخل الملف اللولبي بعيداً عن الأطراف : $غ = \frac{\mu ت ن}{ل}$ ، $غ = \mu ت نَ$

قانون بيو سافار

$\Delta غ = \frac{\mu}{4\pi} ت \frac{\Delta ل جا\theta}{ف^{2}}$

- **حركة جسيم مشحون بشكل عمودي على المجال المغناطيسي**

$نق = \frac{ك ع}{ش غ}$

نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم

عندما تكون السرعة عمودية على المجال , يتم

اشتقاقه من التسارع المركزي: $ت_{مركزي} = \frac{ع^{2}}{نق}$

- **حركة جسيم مشحون في مجالين متعامدين (كهربائي و مغناطيسي)**

$\vec{ق}_{لورنتز} = \vec{ق}_{ك} + \vec{ق}_{غ}$ قوة لورنتز : محصلة القوة الكهربائية و المغناطيسية على جسيم مشحون

$ع = \frac{مـ}{غ}$ سرعة الجسيم في منتقي السرعات , عندما تصبح محصلة قوة لورنتز = صفر .

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 (١) م/ث عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة .
- **التسلا :** المجال المغناطيسي المؤثر بقوة (١) نيوتن في شحنة (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث , باتجاه يتعامد مع المجال المغناطيسي .
- **ماذا نعني 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 .

- **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 مسبقًا بالتحكم بقيمة كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي؛ للاستفادة من هذه الجسيمات لاحقًا في أجهزة أخرى مثل جهاز مطياف الكتلة وكذلك تستخدم لغايات الدراسات والتجارب.

العوامل ..

١- القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي .

(مقدار الشحنة ,سرعتها , مقدار المجال المغناطيسي , الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال و اتجاه السرعة)

٢- القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً مغمور في مجال مغناطيسي .

(مقدار التيار ,طول السلك ,مقدار المجال المغناطيسي , الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال و اتجاه السرعة)

٣- نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم المشحون في المجال المغناطيسي .

(كتلة الجسيم و سرعته (زخمه) و مقدار شحنته و مقدار 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**)

علل ..

١- خطوط المجال المغناطسي خطوط مقفلة !

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 تبيّن من تجربة أورستد أن التيار يولّد مجالاً مغناطيسياً , لذلك فإن كل شحنة متحركة تولّد مغناطيساً, و تتأثر المغانط في ما بينها بقوة مغناطيسية .

٤- انحراف أشعة المهبط عن مسارها عند تقريب مغناطيس منها !

أشعة المهبط هي حزمة من الإلكترونات , فعند تحرك شحنات كهربائية في مجال مغناطيسي تتأثر بقوة مغناطيسية (ق = ع غ جاθ) عمودية على اتجاه السرعة فتحرفها عن مسارها .

٥- تحركت شحنة في مجال مغناطيسي و لم تنحرف !

لأن حركتها كانت موازية للمجال المغناطيسي , حسب القانون (ق = ع غ جاθ) , 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 : $نق = \frac{ك ع}{ق غ}$

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 الجسيم المشحون المتحرك في المجال فيكون الشغل = ق . ف . جتا θ = صفر , و وفق مبرهنة الشغل و الطاقة : (ش = Δط ح) فالجسم الساكن يبقى ساكناً.

٨- تكون أسلاك الملف اللولبي رفيعة و متراصة !

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

٩- يقل مقدار المجال المغناطيسي في الملف اللولبي كلما اتجهنا 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)

فسر منشأ ..

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 موازٍ للمجال سوف تتأثر بقوة مغناطيسية (ق = ع غ جا θ), فسيتأثر الموصل بقوة مغناطيسية هي محصلة القوى على الشحنات .

١ اذكر ثلاثًا من خصائص خطوط المجال المغناطيسي.

٢ عرف كلًّا من خط المجال المغناطيسي، والمجال المغناطيسي المنتظم.

٣ إذا علمت أن السطحين (أ، ب) في الشكل (٥-٣) لهما المساحة نفسها فأي 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.

جـ) تكون كثافتها أكبر كلما زاد المجال المغناطيسي في المنطقة.

٢) خط المجال المغناطيسي: المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حرًّا 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).

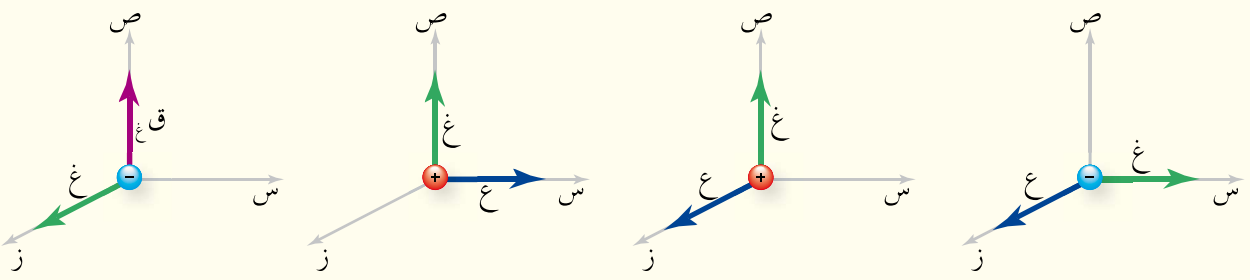
٤) بسبب عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد.

١ كيف يمكن لشحنة كهربائية أن تتحرك في مجال مغناطيسي ولا تتأثر بقوة مغناطيسية؟

٢ فسر: عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي، فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية.

٣ ماذا نعني بقولنا إن المجال المغناطيسي لمغناطيس يساوي (٥×١٠^{-٣}) تسلا؟

٤ باستخدام قاعدة اليد اليمنى حدد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة في الشكل



سؤال (٤).

إجابات الأسئلة

١) إذا كانت الشحنة الكهربائية تتحرّك واتجاه سرعتها موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي أي أن (θ) الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي يكون (٠° أو ١٨٠°).

٢) النيوترون جسيم غير مشحون؛ لذا، لن يتأثّر بقوة مغناطيسية عندما يكون في المجال المغناطيسي.

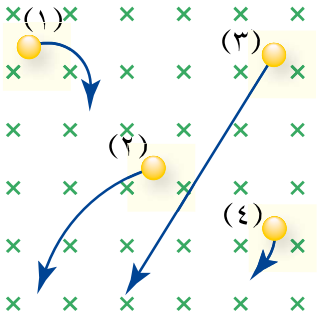
٣) يؤثّر المجال المغناطيسي بقوة مغناطيسية مقدارها (٥×١٠^{-٣}) نيوتن في شحنة مقدارها (١) كولوم تتحرّك بسرعة (١) م/ث عموديًّا على اتجاه المجال المغناطيسي.

٤) أ) القوة المغناطيسية باتجاه (–ص).
ب) القوة المغناطيسية باتجاه (–س).
جـ) القوة المغناطيسية باتجاه (+ز).
د) السرعة باتجاه (+س).

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

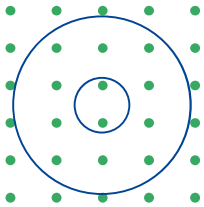
أ حدد نوع شحنة كل من الجسيمات الأربعة، موضحًا ذلك.

ب رتب الجسيمات تنازليًّا وفق مقدار شحنة كل منها.



الشكل (٥–١١): سؤال (١).

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


الشكل (٥–١٢): سؤال (٢).

إجابات الأسئلة

١) أ) تتحرّك 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)، معاكسًا لاتجاه القوة، ما يعني أن الشحنة (١) سالبة. وبالطريقة نفسها، تكون الشحنة (٢) موجبة، والشحنة (٤) سالبة. أما في ما يخص الجسيم (٣)، فإنه تحرّك داخل المجال المغناطيسي في خط مستقيم، ويدل هذا على عدم تأثره بقوة مغناطيسية، ما يعني أنه غير مشحون.

ب) يظهر من الشكل أن: نق$_{٢}$ > نق$_{٤}$ > نق$_{١}$ ، ولأن نصف القطر يتناسب عكسيًّا مع مقدار شحنة الجسيم، فإن: ش$_{١}$ < ش$_{٤}$ < ش$_{٢}$ < (ش$_{٣}$ = صفر)

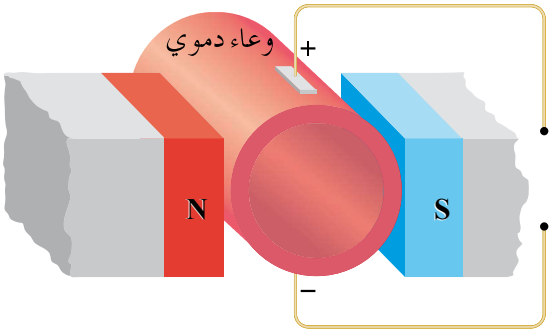
٢) بما أن شحنة كل من الإلكترون والبروتون متساوية في المقدار، وكلاهما يتحرّك بالسرعة نفسها داخل المجال المغناطيسي، وحسب العلاقة (نق = $\frac{ك ع}{ش غ}$) فإن سبب اختلاف نصفي قطر مسار كل منهما هو اختلافهما في الكتلة. ولأن نصف القطر يتناسب طرديًّا مع الكتلة؛ فإن المسار ذا نصف القطر الأكبر (المسار الخارجي) يمثّل مسار البروتون، بينما يمثّل 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 ($غ_o$) في جهاز مطياف الكتلة.

٤ يمثل الشكل (٥–١٦) مبدأ عمل مضخة كهرمغناطيسية 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 عموديًّا على كل من الوعاء الدموي والمجال المغناطيسي المنتظم. اعتمادًا 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 كتلته، ما يتيح معرفة كتلتها ونوع شحنتها.

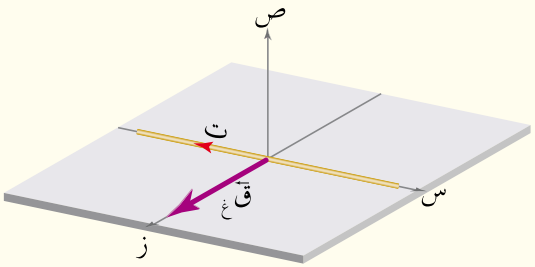
ب) دراسة مكوّنات بعض المركّبات الكيميائية.

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 ($غ_o$) الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طرديًّا مع كتلة هذه الجسيمات.

٤) تتلخّص 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 تتحرّك هذه الشحنات، يؤثّر 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 كهربائيًّا، ومغمور في مجال مغناطيسي.

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



سؤال (٢).

إجابات الأسئلة

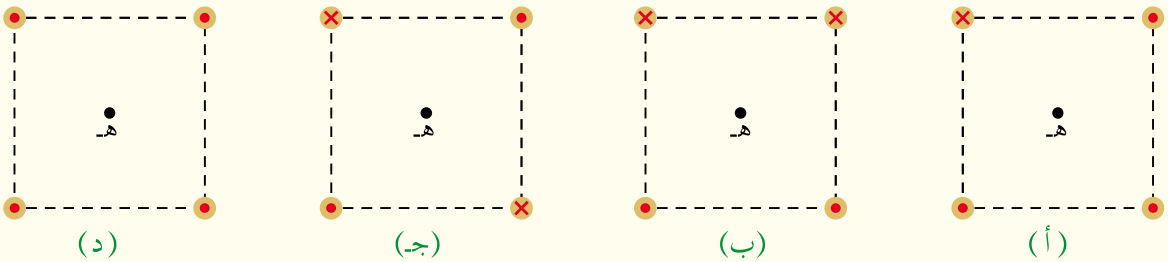
١) مقدار التيار المار في الموصل، طول الموصل، مقدار المجال المغناطيسي الذي غمر فيه الموصل، جيب الزاوية المحصورة (θ) بين متجه طول الموصل ومتجه المجال المغناطيسي.

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 تصاعديًّا 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 ($ت_٢$).

ب أيهما أكبر مقدارًا التيار ($ت_١$) أم ($ت_٢$)؟ فسر إجابتك.

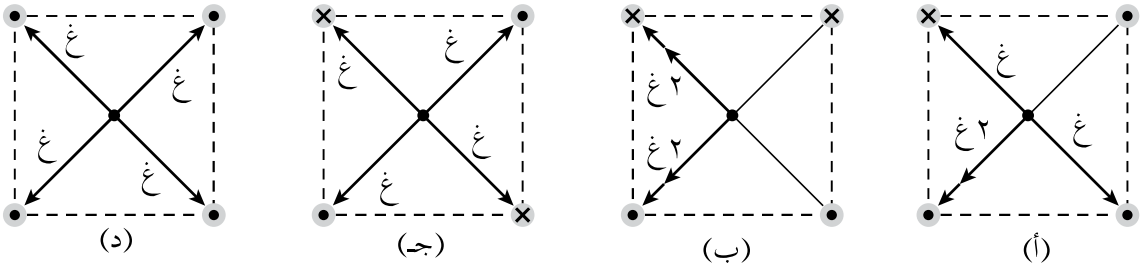
سؤال (٤).

إجابات الأسئلة والأنشطة

١) تكون خطوط المجال المغناطيسي حوله على شكل دوائر متحدة في المركز، ويقع مركزها عند نقطة على محور الموصل، ويكون مستواها عموديًّا 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:



غ أ محصل = ٢ غ

غ ب محصل = $\sqrt{٢}$ ٢ غ

غ جـ محصل = ٠

غ د محصل = ٠

$\overleftarrow{غ_د}$ = غ جـ < غ أ < غ ب

٤) أ) بما أن المجال المحصل عند (أ) يساوي صفرًا؛ فإن المجالين في تلك النقطة متساويان مقدارًا 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 $غ_٢ = غ_١$.

مراجعة (٥-٦-٢)

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.

مراجعة (٥-٦-٣)

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 (٠,٥ ل) وعدد لفاته (٢ن). يمر في كل منها التيار الكهربائي نفسه، رتب هذه الملفات تنازليًّا 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 ضعفي ما كان عليه.

ب تغيير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديدًا.

جـ مضاعفة طول الملف اللولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضًا.

٤ ملف لولبي طوله (٠,٣١٤) م، نشأ داخله مجال مغناطيسي مقداره (٦) تسلا عندما مر فيه تيار كهربائي مقداره (٧٥) أمبير، احسب عدد لفاته.

إجابات الأسئلة

١) لا، قيمة المجال المغناطيسي لا تتغير، إذ يعدّ المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي بعيدًا عن طرفي الملف مجالًا مغناطيسيًّا منتظمًا، ويدل على ذلك إن خطوط المجال المغناطيسي متوازية داخله وبالاتجاه نفسه.

٢)

$$غ_{١} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن_{١}}{ل_{١}} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن}{ل} = غ$$

$$غ_{٢} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن_{٢}}{ل_{٢}} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن}{٢ل} = ٠,٥\ غ$$

$$غ_{٣} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن_{٣}}{ل_{٣}} = \frac{\mu_{٥} ت\ ٢ن}{٠,٥ل} = ٤\ غ$$

$$\therefore\ غ_{٣} > غ_{١} > غ_{٢}$$

أ) زيادة قطر اللفة لا يؤثّر في المجال المغناطيسي، لأنه ليس من العوامل المؤثّرة فيه.

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

جـ) وفق العلاقة (٥−١٠)؛ فإن مضاعفة (ن)، و(ل) معًا تؤدي إلى عدم تغير مقدار المجال المغناطيسي.

٣) $غ_{\text{لولبي}} = \frac{\mu_{٥} ت\ ن}{ل}$

$$٦ = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٧٥ \times ن}{٠,٣١٤}$$

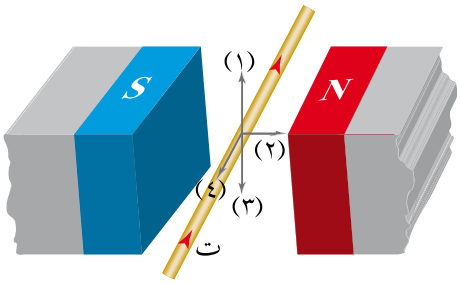
$$٦ = \frac{٤ \times ٣,١٤ \times ١٠^{-٧} \times ٧٥ \times ن}{٣,١٤ \times ١٠^{-١}}$$

حيث إن: $\pi = ٣,١٤$

$ن = ٢ \times ١٠^{٤}$ لفة.

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:

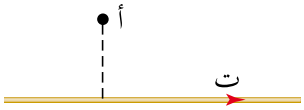


الشكل(٥–٤٨): سؤال (١) فقرة (١).

أ (١)　　ب (٢)

جـ (٣)　　د (٤)

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:



الشكل(٥–٤٩): سؤال (١) فقرة (٢).

أ (+ز)　　ب (+س)　　جـ (–س)　　د (–ص)

٣ جسيم مشحون يتحرك عموديًّا على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم، فيصنع مسارًا دائريًّا نصف قطره (نق١). إذا دخل إلى المجال المغناطيسي نفسه جسيم مشحون آخر له كتلة الجسيم الأول بينما شحنته تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الجسيم الأول، وبسرعة تساوي ضعفي سرعة الجسيم الأول، فإن نصف قطر المسار الدائري للجسيم الثاني (نق٢) يساوي:

أ $\frac{١}{٢}$ نق١　　ب $\frac{٣}{٢}$ نق١　　جـ $\frac{٢}{٣}$ نق١　　د ٢ نق١

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

أ يتساوى المجالان الكهربائي والمغناطيسي في المقدار ويتعاكسان في الاتجاه.

ب يكون المجالان الكهربائي والمغناطيسي بالاتجاه نفسه.

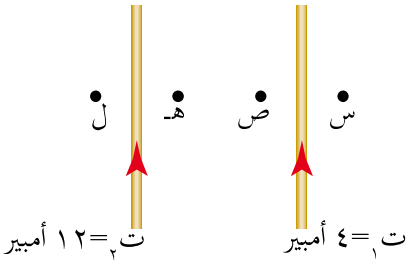
جـ ينحرف الجسيم المشحون باتجاه القوة الكهربائية.

د تتساوى القوتان الكهربائية والمغناطيسية في المقدار وتتعاكسان في الاتجاه.

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

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

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



الشكل (٥-٥٠): سؤال (١) فقرة (٦، ٧).

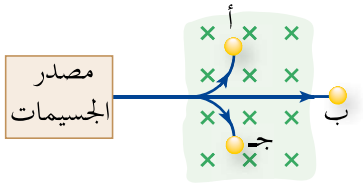
٦ إذا كانت (ق١) هي القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الأول، و(ق٢) هي القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل الثاني، فإن العلاقة بين مقداريهما:

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

٧ النقطة المحتمل أن ينعدم عندها المجال المغناطيسي المحصل هي:

أ (ل)
ب (هـ)
جـ (ص)
د (س)

٢ يبين الشكل (٥-٥١)، مسار ثلاثة جسيمات (أ، ب، جـ) تعبر مجالًا مغناطيسيًّا. فإذا كانت هذه الجسيمات تتحرك بالسرعة نفسها، فأجب عن الأسئلة الآتية:



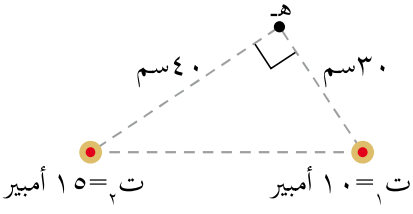
الشكل (٥-٥١): سؤال (٢).

أ أي الجسيمات متعادل؟

ب أي الجسيمات سالب الشحنة؟

جـ أيهما أكبر كتلة (أ) أم (جـ)؟

٣ موصلان طويلان مستقيمان متوازيان كما في الشكل (٥-٥٢)، يمر في الأول تيار كهربائي (١٠) أمبير باتجاه (+ز)، ويمر في الثاني تيار كهربائي (١٥) أمبير بالاتجاه نفسه. جد:

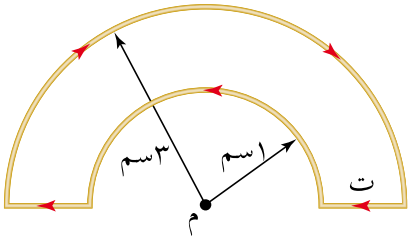


الشكل (٥-٥٢): سؤال (٣).

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

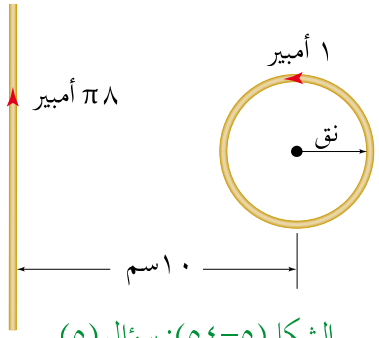
ب المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (هـ) مقدارًا واتجاهًا.

٤ في الشكل (٥–٥٣)، حدد مقدار التيار الكهربائي (ت) المار في الملف إذا كان مقدار المجال المغناطيسي المحصل في النقطة (م) يساوي ($\frac{٨٨}{٧} \times ١٠^{-٥}$) تسلا. وما اتجاه المجال المغناطيسي المحصل عند تلك النقطة؟



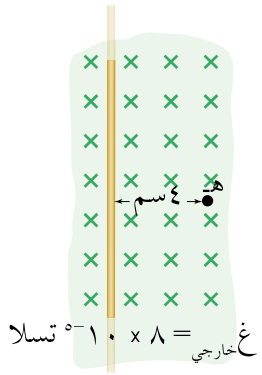
الشكل(٥–٥٣): سؤال (٤).

٥ في الشكل (٥–٥٤)، حدد نصف قطر الملف الدائري لكي ينعدم المجال المغناطيسي في مركزه، علمًا بأنه يتكون من لفتين اثنتين فقط.



الشكل(٥–٥٤): سؤال (٥).

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 (٥×١٠^{٦})م/ث باتجاه (–س). جد التيار الكهربائي المار في الموصل المستقيم مقدارًا واتجاهًا.



الشكل(٥–٥٥): سؤال (٦).

٧ قذف جسيم شحنته (١) بيكوكولوم، وكتلته (٢×١٠^{-٧}) كغ بسرعة مقدارها (٩×١٠^{٦})م/ث نحو (+س) عموديًّا على مجال مغناطيسي، فاكتسب تسارعًا مركزيًّا مقداره (٠,٩)م/ث^{٢} نحو (+ز) لحظة مروره بنقطة ما، جد المجال المغناطيسي عند تلك النقطة مقدارًا واتجاهًا.

٨ يتحرك بروتون بسرعة ($١,٦ \times ١٠^{٤}$) 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 مقدارًا واتجاهًا.

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

حركته بلا انحراف. احسب مقدار المجال المغناطيسي وحدد اتجاهه.

جـ إذا أدخل جسيم ألفا بالسرعة 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).

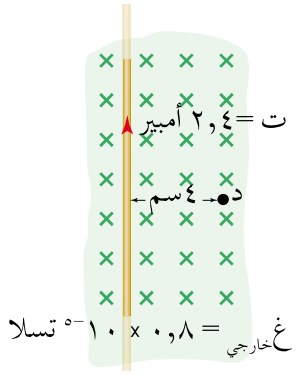
٩ قذف جسيم شحنته (٠,٤) ميكروكولوم بسرعة مقدارها (١٠٠) م/ث نحو (+ص) إلى منطقة مجالين، أحدهما كهربائي مقداره (٥٠٠) نيوتن/كولوم متجه نحو (+س) والآخر مغناطيسي مقداره (٢) تسلا نحو (−ز)، جد قوة لورنتز المؤثرة في هذا الجسيم لحظة دخوله منطقة المجالين مقدارًا واتجاهًا.

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

أ المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د).

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

جـ القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من الموصل.



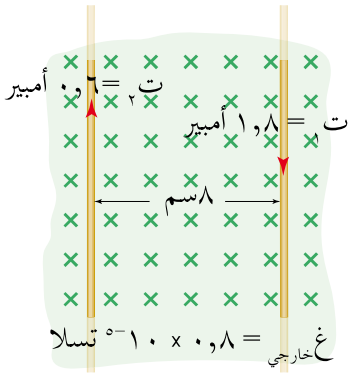
الشكل (٥−٥٦): سؤال (١٠).

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

أ القوة المتبادلة بين الموصلين لوحدة الأطوال.

ب المجال المغناطيسي المحصل عند الموصل الثاني مقدارًا واتجاهًا.

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



الشكل (٥−٥٧): سؤال (١١).

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.

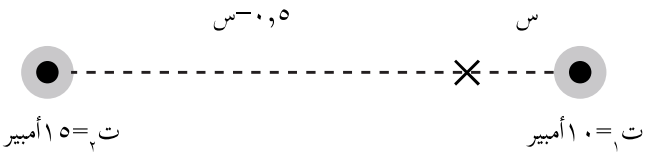
جـ) نصف قطر الجسيم (أ) مماثل لنصف قطر الجسيم (ج)؛ ولأن لهما السرعة والشحنة نفسها، فهذا يعني أن لهما الكتلة نفسها.

٣)

أ) نطبّق نظرية فيثاغورس، فتكون المسافة بين الموصلين: ٥٠سم = ٠,٥م.

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 (٠,٥ − س)، وبمساواة مقدار كل من المجالين الناتجين من تياري الموصلين؛ نجد أن:

$غ_١ = غ_٢$



$$\frac{\mu_٥ ت_١}{٢\pi ف_١} = \frac{\mu_٥ ت_٢}{٢\pi ف_٢}$$

$$\frac{١٠}{س} = \frac{١٥}{٠,٥ - س}$$

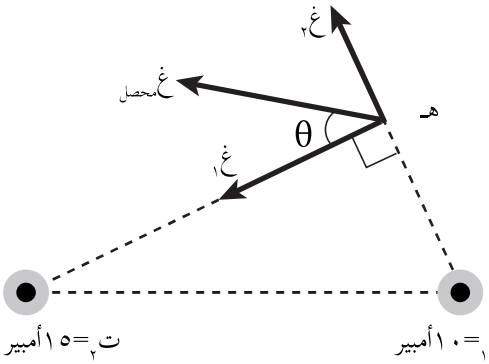
ومنه نجد أن: س = ٠,٢ م.

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

ب) يؤثّر عند النقطة (هـ) مجالان، (غ١) الناشئ عن (ت١)، و(غ٢) الناشئ عن (ت٢).

$$غ_{١} = \frac{\mu_{٥} ت_{١}}{٢\pi ف_{١}} = \frac{١٠ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{٠,٣ \times \pi ٢} = \frac{٢}{٣} \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا}$$

$$غ_{٢} = \frac{\mu_{٥} ت_{٢}}{٢\pi ف_{٢}} = \frac{١٥ \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{٠,٤ \times \pi ٢} = ٠,٧٥ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا}$$



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

$$غ_{هـ\,(\text{المحصل})} = \sqrt{غ_{١}^{٢} + غ_{٢}^{٢}} \cong ١ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا}$$

اتجاه ($غ_{\text{المحصل}}$) يُحدّد بالزاوية (θ) التي يصنعها ($غ_{\text{المحصل}}$) مع اتجاه ($غ_{١}$):

$$\text{ظا}\theta = \frac{غ_{٢}}{غ_{١}} = \frac{٩}{٨} = ١,١٢٥ \Leftarrow \theta = ٤٨,٤^{\circ}$$

٤) يؤثّر 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 (٠,٥).

$$غ_{١} = \frac{\mu_{٥} ت_{\text{ن}}}{٢ نق_{١}} = \frac{٠,٥ \times ت \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{^{-٢}١٠ \times ١ \times ٢} = \pi ت \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا ، نحو (+ز)}$$

$$غ_{٢} = \frac{\mu_{٥} ت_{\text{ن}}}{٢ نق_{٢}} = \frac{٠,٥ \times ت \times ^{-٧}١٠ \times \pi ٤}{^{-٢}١٠ \times ٣ \times ٢} = \frac{\pi}{٣} \times ت \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا ، نحو (−ز)}$$

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

$$غ_{\text{المحصل}} = غ_{١} - غ_{٢} \text{ ، } (غ_{١} > غ_{٢})$$

$$\frac{٨٨}{٧} \times ١٠^{-٥} = \pi ت \times ١٠^{-٥} - \frac{\pi}{٣} \times ت \times ١٠^{-٥} \text{ ، وبتعويض قيمة } (\pi = \frac{٢٢}{٧}) \text{، فإن:}$$

$$\frac{٨٨}{٧} = \frac{٢٢}{٧} ت - \frac{٢٢}{٣ \times ٧} \times ت$$

ت = ٦ أمبير.

يكون اتجاه المجال المغناطيسي المحصّل باتجاه ($غ_{١}$)؛ أي نحو (+ز).

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

$$غ_{١} = غ_{٢}$$

$$\frac{\mu_{٠} ت_{١}}{٢\pi ف} = \frac{\mu_{٠} ت_{٢} ن^{٢}}{٢ نق_{٢}}$$

$$\frac{٢ \times ١}{نق} = \frac{٨\pi}{١٠ \times \pi}$$

$$٤ نق = ١٠$$

نق = ٢,٥ سم

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

$$ق_{غ} = ش . ع \, غ_{المحصل} \, جا \, \theta$$

$$١ \times ١٠^{-٣} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٥ \times ١٠^{٦} \, غ \, جا ٩٠$$

$$(\theta = ٩٠^{\circ})$$

$$غ_{المحصل} = ١٠ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا، (–ز)}$$

يوجد عند النقطه (هـ) مجالان، أحدهما المجال المنتظم ($غ_{منتظم}$)، والآخر المجال المغناطيسي ($غ_{مستقيم}$) الناتج من التيار المار في الموصل المستقيم. وبمقارنة مقدار واتجاه المجال المغناطيسي المحصل لهذين المجالين، مع المجال المغناطيسي المعلوم وهو المنتظم، نجد أن المجال ($غ_{مستقيم}$) يجب أن يكون باتجاه المجال المغناطيسي المنتظم نفسه.

وعليه؛ فإن:

$$غ_{محصل} = غ_{منتظم} + غ_{مستقيم}$$

$$١٠ \times ١٠^{-٥} = ٨ \times ١٠^{-٥} + \frac{\mu_{٠} ت_{١}}{٢\pi ف}$$

$$٢ \times ١٠^{-٥} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت}{٤ \times ١٠^{-٢} \times \pi ٢}$$

ت = ٤ أمبير. نحو (+ص)

٧)

ق = ك×ت

= ٢×١٠^-٧×٠,٩

ق= ١,٨×١٠^-٧ نيوتن باتجاه التسارع، (+ز)

ق_غ = ـــ ع غ جا θ (θ = ٩٠°)

١,٨×١٠^-٧ = ١×١٠^-١٢×٩×١٠^٦ غ

غ = ٢×١٠^-٢ تسلا ، نحو (+ص)

٨)

أ) ق_ك = مـ ـــ

= ٢×١٠^٣ × ١,٦×١٠^-١٩

= ٣,٢ × ١٠ ^-١٦ نيوتن، نحو (–ص).

ب) معنى أن البروتون لم ينحرف، أن القوى المؤثّرة فيه متزنة، فإذا كانت القوة الكهربائية المؤثّرة 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_ك = ق_غ

مـ ـــ = ـــ ع غ جا θ

٢×١٠^٣ = ١,٦×١٠^٤ ×غ×١

غ = $\frac{٢\times١٠^{٣}}{١,٦\times١٠^{٤}}$ = ٠,١٢٥ تسلا

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

٩)

ق_ك = مـ ـــ

= ٥٠٠×٠,٤×١٠^-١٩

ق_ك = ٢ × ١٠^-٤ نيوتن، نحو (+س).

ق_غ = ـــ ع غ جا θ

= ٠,٤×١٠^-٦ × ١٠٠×٢جا٩٠

= ٠,٨×١٠^-٤ نيوتن، نحو (–س).

$ق_{(لورنتز)} = ق_{ك} - ق_{غ}$

$= ٢ \times ١٠^{-٤} - ٠,٨ \times ١٠^{-٤}$

$ق_{(لورنتز)} = ١,٢ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن، نحو (+س).

١٠)

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

$$غ_{مستقيم} = \frac{\mu_{\circ} ت}{٢ \pi ف}$$

$$غ_{مستقيم} = \frac{٢,٤ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \pi \times ٤ \times ١٠^{-٢}}$$

$غ_{مستقيم} = ١,٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا، باتجاه (–ز).

$غ_{المحصل} = غ_{مستقيم} + غ_{منتظم} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا، باتجاه (–ز).

ب) عندما يتحرّك البروتون نحو (+ز)؛ فإن اتجاه حركته يصنع زاوية مقدارها ١٨٠° مع اتجاه المجال المغناطيسي، وعندها ستنعدم القوة المغناطيسية المؤثّرة فيه ($ق_{غ} = ٠$).

$$\frac{ق_{غ}}{ل} = ت \, غ \, جا\theta$$

$= ٢,٤ \times ٠,٨ \times ١٠^{-٥} \times جا٩٠$

$\frac{ق_{غ}}{ل} = ١,٩٢ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن/م ، نحو (–س).

١١)

أ) $\frac{ق_{متبادلة}}{ل} = \frac{\mu_{\circ} ت_{١} ت_{٢}}{٢ ف} = \frac{٠,٦ \times ١,٨ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \pi \times ٨ \times ١٠^{-٢}}$

$\frac{ق_{متبادلة}}{ل} = ٢,٧ \times ١٠^{-٦}$ نيوتن/م (تنافر)

ب) $غ_{١} = \frac{\mu_{\circ} ت}{٢ \pi ف} = \frac{١,٨ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \pi \times ٨ \times ١٠^{-٢}}$

$غ_{منتظم} = ٠,٨ \times ١٠^{-٥}$ تسلا نحو (–ز)

$غ_{محصل} = (٠,٤٥ + ٠,٨) \times ١٠^{-٥} = ١,٢٥ \times ١٠^{-٥}$ تسلا نحو (–ز).

جـ) $\frac{ق_{غ}}{ل} = ت_{٢} \, غ_{محصل} \, جا\theta$

$= ٠,٦ \times ١,٢٥ \times ١٠^{-٥} \times جا٩٠$

$= ٠,٧٥ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن/م

تمّ بحمد اللّٰه تعالى