الفصل الخامس

المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي

تعريف

هو منطقة حول المغناطيس تظهر فيها آثاره المغناطيسية ويعد خاصية للحيز المحيط بالمغناطيس .

خط المجال المغناطيسي

المسار الي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حرا في أي نقطة داخل المجال المغناطيسي .

للتخطيط المجال المغناطيسي نستخدم :

١) ابرة مغناطيسية ٢) برادة الحديد

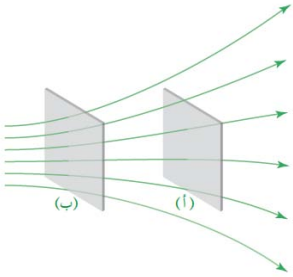
عمليا يتحدد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة فه باستخدام إبرة مغناطيسية توضع عند تلك النقطة . حيث يشير القطب الشمالي للإبرة إلى اتجاه المجال عندها

خصائص خطوط المجال المغناطيسي :

١) **هي خطوط مقفلة** : تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي خارج المغناطيس ، ومن القطب الجنوبي إلى الشمالي داخل المغناطيس . ويفسر ذلك عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد .

٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال عند نقطة على اتجاه المجال عند تلك النقطة .

٣) **لا تتقاطع** ؛ لأن المجال المغناطيسي له اتجاه واحد عند كل نقطة



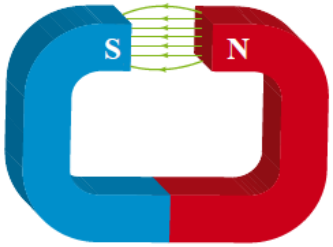
٤) **كثافة خطوط المجال تدل على مقدار المجال في منقطة ما**

(غ ب > غ ا) لأن كثافة الخطوط عند (ب) أكبر منها عند (أ)

المجال المغناطيسي المنتظم

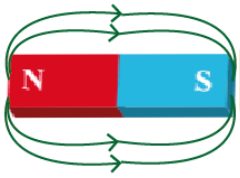
هو المجال المغناطيسي الثابت مقدارا واتجاها عند نقاط جميعها .

يمثل بخطوط مستقيمة ومتوازية والمسافات بينها متساوية .



يمكن الحصول على مجال مغناطيسي منتظم في المنطقة المحصورة بين قطبي مغناطيس على شكل حرف (C) بعيدا عن الاطراف

مجال غير منتظم : خطوط المجال تشير لاتجاهات مختلفة .



اجب عما يأتي :

١) كيف يتم عمليا تحديد اتجاه المجال المغناطيسي ؟

.....

٢) ماذا نستخدم لتخطيط المجال المغناطيسي ؟

.....

٣) عرف خط المجال المغناطيسي ؟

.....

٤) ما هو المجال المغناطيسي ؟

.....

٥) أين يمكن الحصول على مجال مغناطيسي منتظم ؟

.....

٦) ما هو المجال المغناطيسي المنتظم ؟

.....

كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال المغناطيسي في معرفة :

١) اتجاه المجال عند نقطة ما .

٢) مقدار المجال في منطقة ما .

.....

.....

.....

فسر ما يلي :

١) لا يوجد قطب مغناطيسي مفرد .

.....

٢) المجال المغناطيسي يمثل بخطوط مستقيمة ومتوازية والمسافات بينها متساوية .

.....

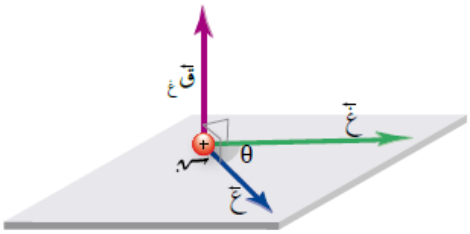
٣) خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع .

.....

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة نقطية متحركة في مجال مغناطيسي منتظم

يلاحظ انحراف حزمة الإلكترونات عند تقريب مغناطيس من أنبوب أشعة المهبط . ويدل ذلك على انها تأثرت بقوة مغناطيسية أثناء حركتها .

المجال المغناطيسي عند نقطة : القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة .



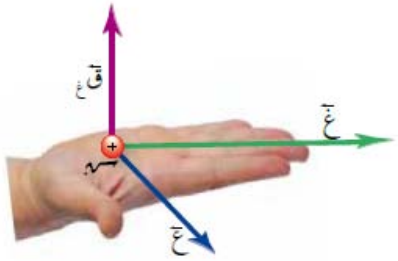
$$ق_غ = ش \, ع \, غ \, جا\theta$$

- $ق_غ$: القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة
- ش : مقدار الشحنة
- ع : سرعة الشحنة
- غ : مقدار المجال المغناطيسي
- θ : الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال

القوة المغناطيسية دائما عمودية على المستوى الذي يحوي (ع) و (غ)

لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية :

نستخدم قاعدة اليد اليمنى حيث يشير كل من :



- **الإبهام** : إلى اتجاه السرعة .
- **الأصابع** : إلى اتجاه المجال المغناطيسي .
- **المتجه العمودي على باطن اليد والخارج منه** : اتجاه القوة المغناطيسية

اذا كانت الشحنة سالبة يكون اتجاه القوة داخل إلى باطن اليد اليمنى

وحدة قياس المجال المغناطيسي (تسلا)

تسلا

المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة (١) نيوتن في شحنة (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث باتجاه يعامد اتجاه المجال المغناطيسي .

$$ق_غ = ش \, ع \, غ \, جا\theta \Leftarrow \frac{[ق_غ]}{[ع][ش]} = [غ] \Leftarrow \text{تسلا} = \frac{\text{نيوتن.ث}}{\text{كولوم.م}} = [غ]$$

متى تنعدم القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون في مجال مغناطيسي ؟

.....

.....

متى تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة أكبر ما يمكن ؟

.....

.....

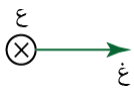
فسر : عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية ؟

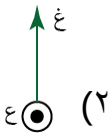
.....

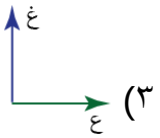
.....

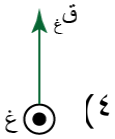
مثال ١

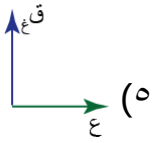
باستخدام قاعدة اليد اليمنى حدد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة ؟

١) 

٢) 

٣) 

٤) 

٥) 

الحل :

.....

.....

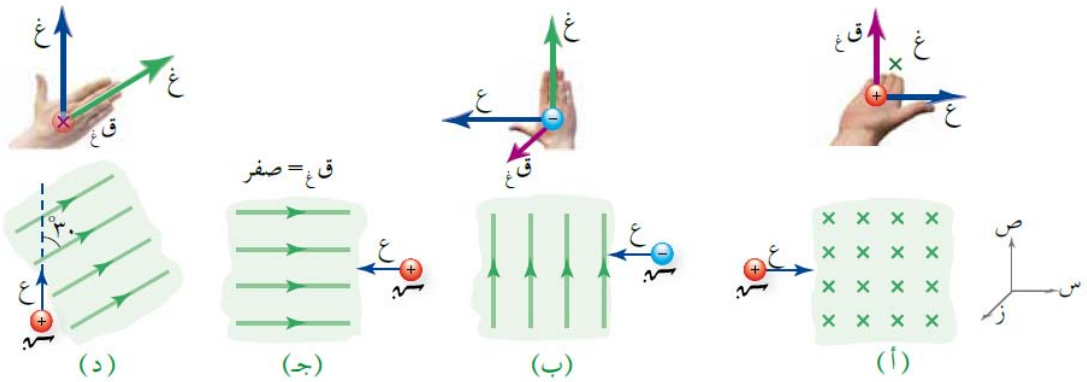
ملاحظة

⊗ : تدل على أن المتجه داخل للصفحة ، زينات سالب ، بعيد عن الناظر .

⊙ : تدل على أن المتجه للخارج ، زينات موجب ، نحو الناظر .

مثال ٢

قذف جسيم شحنته (٤) ميكروكولوم ، بسرعة (٦×١٠^٦) م/ث داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٠١) تسلا ، جد القوة المغناطيسية مقدارا واتجاها المؤثرة في الجسيم لحظة دخوله مجال مغناطيسي منتظم في الحالات الآتية :



الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

مثال ٣

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

الحل :

أي أنه اذا تحركت شحنة مقدارها (١) كولوم بسرعة (١) م/ث في مجال مغناطيسي تأثرت بقوة مقدارها (٥×١٠^-٣) تسلا .

مثال ٤

يتحرك إلكترون في مجال مغناطيسي منتظم عموديا عليه بسرعة (١٠^٣) م/ث ، اذا تأثر بقوة مغناطيسية مقدارها (٠,٣٢) نيوتن ، احسب مقدار المجال المغناطيسي ؟

الحل :

.....

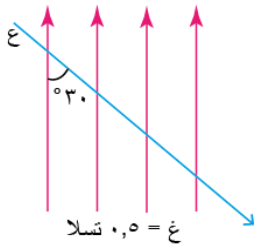
.....

.....

.....

٢×١٠^١٥ تسلا

مثال ٥



دخل جسيم مشحون منطقة مجال مغناطيسي كما في الشكل ، احسب مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة عليه اذا بلغت سرعته ($١٠^{٦}$) م/ث ، وشحنته (٣×١٠^{-٦}) كولوم .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....٠,٧٥ نيوتن ، ز+

مثال ٦

تحركت شحنة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) كولوم حيث كانت طاقتها (٨×١٠^{-١٠}) جول وكتلتها (٤×١٠^{-١٨}) كغ شمالا في منطقة مجال مغناطيسي (٢×١٠^{-٣}) تسلا ، نحو الناظر ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة ؟

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....٨×١٠^{-٥} ، س+

مثال ٧

تحركت شحنة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) كولوم بزخم خطي مقداره (٨×١٠^{-١٤}) كغ.م/ث وكتلتها (٤×١٠^{-١٤}) كغ شمالا في منطقة مجال مغناطيسي (٢×١٠^{-٣}) تسلا ، نحو الناظر ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة .

الحل :

.....

.....

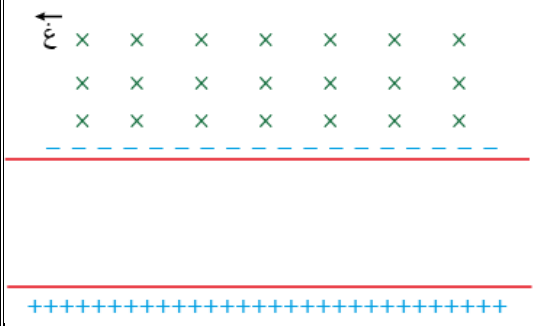
.....

.....

.....

.....

مثال ٨



جسيم فقد ($\frac{1}{8}\times ١٠^{١٤}$) إلكترون وكتلته ($١\times ١٠^{-١٦}$) كغ ، وضع عند اللوح الموجب فتحرك من السكون نحو اللوح السالب في مجال كهربائي مقداره (٢×١٠^{٣}) نيوتن / كولوم وخرج بعدها إلى منطقة مجال مغناطيسي مقداره (٣) تسلا ، نحو الداخل ، احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيم .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

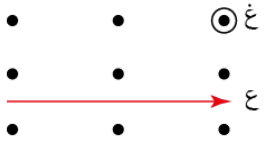
.....

.....

٢٤ نيوتن

مثال ٩

يتحرك جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا وبسرعة (١×١٠^{٤}) م/ث نحو السينات الموجب اذا علمت أن كتلته (٤×١٠^{-١٠}) كغ ، احسب مقدار ونوع شحنته اللازمة حتى يسلك الجسيم مسارا ثابتا دون انحراف ؟



الحل :

.....

.....

.....

.....

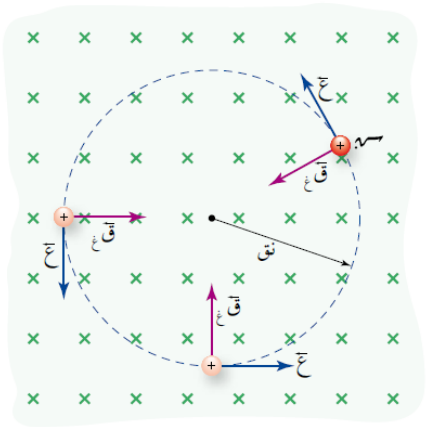
.....

.....

.....

-٢×١٠^{-٦} كولوم

حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم



عند دخول جسيم مشحون إلى مجال مغناطيسي منتظم فإنه يسلك مسارا دائريا (عندما تكون ($\theta = ٩٠$)) لأنه يتأثر بقوة عمودية على اتجاه حركته ، حيث تكون باتجاه مركز المسار الدائري .

∴ القوة المغناطيسية قوة مركزية تكسب الجسيم تسارعا مركزيا باتجاهها

$$ت_{مركزي} = \frac{ع^{٢}}{نق}$$

من خلال قانون نيوتن الثاني : $\Sigma ق_{مركزية} = ك\, ت_{مركزي}$ $\Leftarrow$ $ق_{غ} = ك \frac{ع^{٢}}{نق}$

$\therefore ب\, ع\, غ\, جا ٩٠ = ك \frac{ع^{٢}}{نق}$ (سندرس فقط عندما تكون $\theta = ٩٠$)

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

نصف قطر المسار الدائرة الذي يسلكه الجسيم المشحون

أهمية هذه العلاقة :

التحكم في مقدار قطر مسار الجسيم المشحون المتحرك في مجال مغناطيسي منتظم ، وذلك عن طريق التحكم في :

- كميات يمكن قياسها : السرعة والمجال المغناطيسي .
- كميات يمكن تحديدها : الشحنة والكتلة .

القوة المغناطيسية لا تبذل شغلا على الشحنة المتحركة :

لأنها دائما عمودية على اتجاه الإزاحة التي يحققها الجسيم المشحون ($ش = ق \Delta س\, جتا\theta$)

∴ حسب مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) ($ش = \Delta ط_{ح}$)

فإن الطاقة الحركية للجسيم لا تتغير

∴ سرعة الجسيم تبقى ثابتة

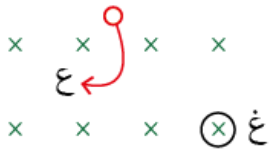
يستخدم المجال المغناطيسي في المسارعات النووية وفي عدة أجهزة كهربائية :

لتوجيه الجسيمات المشحونة والتحكم في مسارها دون تغير مقدار سرعتها .

أما المجال الكهربائي يستخدم في تسريع هذه الجسيمات

مثال ١

جسيم مشحون كتلته (٢×١٠^{-٨}) كغ يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم بسرعة ($١٠^{٤}$) م/ث ، اذا كان نصف قطر المسار الذي يسلكه (٠,٤)م ، جد ما يلي :



١) القوة المغناطيسية المؤثرة فيه .

٢) نوع شحنة الجسيم .

٣) التسارع المركزي للجسيم .

الحل :

١) $نو = \frac{ك ع}{ن غ} \Leftarrow$ ن غ $= \frac{ك ع}{نو} = \frac{٢ \times ١٠^{-٨} \times ١٠^{٤}}{٤ \times ١٠^{-١}} = ٠,٥ \times ١٠^{-٣}$

$ق_{غ}$ = ن غ ع غ جاθ $= ٠,٥ \times ١٠^{-٣} \times ١٠^{٤} \times ١ \times ٢ =$ ٥ نيوتن ، لليسار (من الرسم)

٢) الشحنة سالبة ، حسب قاعدة اليد اليمنى .

٣) $ق_{غ} = ك ت_{مركزي} \Leftarrow ت_{مركزي} = \frac{ق_{غ}}{ك} = \frac{٥}{٢ \times ١٠^{-٨}} = ٢,٥ \times ١٠^{٨}$ م/ث^{٢}

مثال ٢

دخل جسيم مشحون كتلته (٢×١٠^{-١٠}) كغ وشحنته (٢) ميكروكولوم مجالا مغناطيسيا مقداره (٠,٢) تسلا بسرعة مقدارها ($١٠^{٣}$) م/ث باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي ، احسب :

١) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم .

٢) التسارع المركزي الذي اكتسبه الجسيم .

٣) نصف قطر مسار الجسيم .

٤) مقدار سرعة الجسيم بعد مرور (٣) ثواني على وجوده داخل المجال .

الحل :

ك $= ٢ \times ١٠^{-١٠}$ / ن $= ٢ \times ١٠^{-٦}$ / غ $= ٢ \times ١٠^{-١}$ / ع $= ١٠^{٣}$ م/ث

١) $ق_{غ}$ = ن غ ع غ جاθ $= ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٣} \times ٢ \times ١٠^{-١} \times$ جا٩٠ $= ٤ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

٢) $ق_{مركزية} = ق_{غ} = ك ت_{مركزي}$

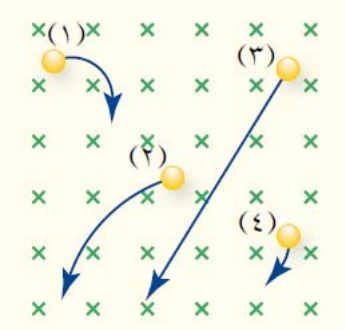
$$\Leftarrow ت_{مركزي} = \frac{ق_{غ}}{ك} = \frac{٤ \times ١٠^{-٤}}{٢ \times ١٠^{-١٠}} = ٢ \times ١٠^{٦} \ م/ث^{٢}$$

٣) $$نق = \frac{ك ع}{ش غ} = \frac{٢ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^{٣}}{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-١}} = \frac{٢}{٤} \times \frac{١٠^{-٧}}{١٠^{-٧}} = \frac{١}{٢} \ م$$

٤) القوة المغناطيسية لا تغير مقدار سرعة الجسيم لكن تغير اتجاه السرعة فقط

∴ مقدار سرعة الجسيم سيبقى ثابت $ع = ١٠^{٣} \ م/ث$

مثال ٣



ادخلت أربعة جسيمات متماثلة في الكتلة والسرعة بشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم ، فاتخذت المسارات الموضحة في الشكل ، اجب عما يلي :

١) حدد نوع شحنة كل جسيم .

٢) رتب الجسيمات تنازليا حسب مقدار شحنة كل منها .

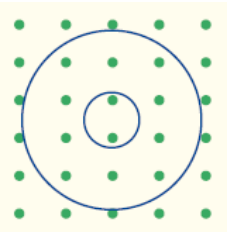
الحل :

١) (١) سالب ، (٢) موجب ، (٣) متعادل ، (٤) سالب ، وذلك حسب قاعدة اليد اليمنى

٢) (٤) ← (١) ← (٢) ← (٣) ، كلما زاد نصف القطر كانت الشحنة أصغر

مثال ٤

يمثل الشكل مسار لكل من إلكترون وبوروتون ، يتحركان في مجال مغناطيسي منتظم بالسرعة نفسها ، اذا علمت أن كتلة البروتون أكبر من كتلة الإلكترون ، فحدد أي المسارين للإلكترون وأيهما للبروتون ، ثم حدد اتجاه حركة كل منهما .



الحل :

حسب العلاقة $نق = \frac{ك ع}{ش غ}$ فإن :

- المسار الصغير يمثل مسار الإلكترون ⇐ وحسب قاعدة اليد اليمنى فإن اتجاه حركته عكس عقارب الساعة

- المسار الكبير يمثل مسار البروتون ⇐ وحسب قاعدة اليد اليمنى فإن اتجاه حركته مع عقارب الساعة

مثال ٥

قذف جسيم شحنته (١) بيكوكولوم ، وكتلته (٢×١٠^{-٧}) كغ بسرعة مقدارها (٩×١٠^{٦}) م/ث نحو السينات الموجب عموديا على مجال مغناطيسي ، فاكتسب تسارعا مركزيا مقداره (٠,٩) م/ث٢ نحو الينات الموجب لحظة مروره بنقطة ما ، جد المجال المغناطيسي عند تلك النقطة مقدارا واتجاها .

الحل :

.....

.....

.....

.....

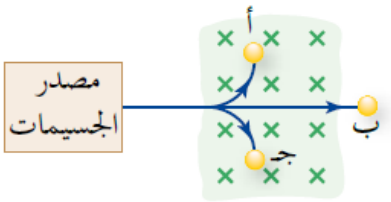
.....

.....

.....

مثال ٦

يمثل الشكل مسار ثلاثة جسيمات (أ ، ب ، جـ) تعبر مجالا مغناطيسيا ، اذا كانت هذه الجسيمات تعبر بالسرعة نفسها فاجب عما يلي :



١) أي الجسيمات متعادل ؟

٢) أي الجسيمات سالب الشحنة ؟

٣) أيهما أكبر كتلة (أ) أم (جـ) اذا كان ($ك_{أ} = ك_{جـ}$)

الحل :

.....

.....

.....

مثال ٧ وزاري مكرر

يسلك الجسيم المشحون مسارا دائريا عند دخوله مجال مغناطيسي منتظم بشكل عمودي على مساره ، فسر ذلك ؟

الحل :

.....

.....

.....

مثال٨ وزاري مكرر

فسر : يستخدم المجال المغناطيسي في المسارعات النووية ؟

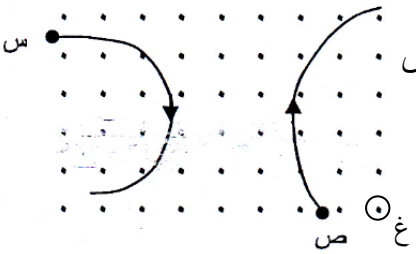
الحل :

.....

.....

مثال٩ وزاري ٢٠١٤

يمثل الشكل مسار جسيمين مشحونين بشحنتين متساويتان في المقدار ولهما نفس السرعة ، اجب عما يلي :



١) ما نوع شحنة كل منهما . ٢) أي الجسيمين كتلته أكبر ، فسر ذلك ؟

الحل :

.....

.....

.....

مثال١٠ وزاري ٢٠١٤

قذف جسيم مشحون عموديا على مجال مغناطيسي منتظم ، فاتخذ مسارا دائريا ، اجب عما يلي :

١) فسر اتخاذ الجسيم مسارا دائريا .

٢) هل يبذل المجال المغناطيسي شغلا على الجسيم المشحون ؟ فسر ذلك .

٣) ماذا يحدث لنصف قطر المسار الدائري في الحالتين التاليتين :

أ) اذا أصبحت سرعة الجسيم مثلي ما كانت عليه ب) اذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه.

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

مثال ١١ وزاري ٢٠١٥

دخل إلكترون وبروتون عموديا على مجال مغناطيسي منتظم وبنفس السرعة ، بناء على ذلك اجب عما يلي :

١) فسر لماذا لا تتغير الطاقة الحركية لكل منهما أثناء الحركة على الرغم من تأثر كل منهما بقوة مغناطيسية .

٢) أيهما يكون نصف قطر مداره أكبر ؟ ولماذا ؟

الحل :

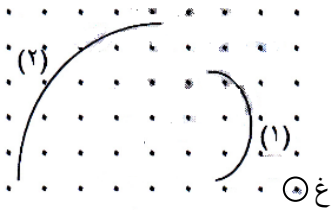
١) لأن القوة المغناطيسية عمودية على اتجاه السرعة وبالتالي فهي لا تغير مقدار السرعة فلا تتغير الطاقة الحركية .

أو لأن القوة المغناطيسية عمودية على اتجاه الإزاحة وبالتالي فهي لا تبذل شغلا على الشحنة وحسب مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) (ش = Δط ح) فإن الطاقة الحركية لا تتغير .

٢) نصف قطر مدار البروتون أكبر لأن كتلته أكبر والعلاقة بين نصف القطر والكتلة علاقة طردية .

مثال ١٢ وزاري ٢٠١٦

يمثل الشكل مسار جسيمين (١ ، ٢) مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس الكتلة ، فإذا علمت أن شحنة (١) موجبة وشحنة (٢) سالبة ، اجب عما يلي :



١) حدد اتجاه حركة كل جسيم (مع او عكس عقارب الساعة)

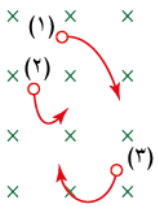
٢) أي الجسيمين سرعته أكبر ؟ مفسرا اجابتك .

الحل :

١) (١) مع عقارب الساعة ، (٢) عكس عقارب الساعة

٢) سرعة (٢) أكبر ، لأن نصف القطر يتناسب طرديا مع مقدار السرعة ونصف قطر مسار الجسيم (٢) أكبر

مثال ١٣



ثلاث شحنات متماثلة في الكتلة والشحنة ادخلت إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم فاتخذت المسارات المبينة في الشكل ، رتبها تصاعديا حسب سرعة كل منها وبين نوع شحنة كل منها .

الحل :

.....

.....

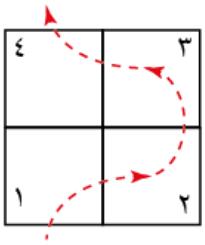
.....

.....

.....

.....

مثال ١٤



يمثل الشكل أربع غرف في كل منها مجال مغناطيسي منتظم ، ادخل إليها شحنة موجبة فاتخذت المسار المبين بالشكل :

١) حدد اتجاه المجال المغناطيسي في كل غرفة .

٢) اذا كانت سرعة دخول الشحنة (١×١٠^{٤}) م/ث حدد سرعة خروجها من الغرفة (٤)

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

قوة لورنتز

بعض الأجهزة الكهربائية تحتوي على مجالين متعامدين مجال كهربائي منتظم ومجال مغناطيسي منتظم .

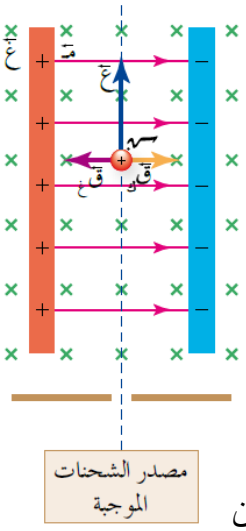
قوة لورنتز

هي القوة المحصلة للقوتين الكهربائية والمغناطيسية المؤثرة في الجسيمات المتحركة في مجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي .

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

مثال ١

في الشكل ، يمر جسيم مشحون شحنته (+٤) ميكروكولوم بين صفيحتين متوازيتين بسرعة مقدارها (٣٠٠) م/ث باتجاه الصادات الموجب ، والصفيحتان مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥) تسلا اتجاهه نحو الزيني السالب (⊗) .



١) جد قوة لورنتز المؤثرة في الجسيم وصف حركة الجسيم .

٢) اذا كانت سرعة الجسيم أكبر من (٣٠٠) م/ث ، فماذا سيحدث لحركته ؟

الحل :

١) $\vec{ه}_{\text{لورنتز}} = \vec{ه}_{ك} + \vec{ه}_{غ}$

$ه_ك = م\times ش = ش . \frac{ج}{ف} \times ش .$

$= \frac{(٧,٥-)-٧,٥}{^{٢-}١٠\times١٠} \times ^{٦-}١٠\times٤ = ^{٥-}١٠\times٤\times١٥ = ^{٥-}١٠\times٦٠$ نيوتن

$ه_غ = ش . ع غ جا\theta = ^{٦-}١٠\times٤ \times ^{٢}١٠\times٣ \times ^{١-}١٠\times٥ \times$ جا٩٠ $= ^{٥-}١٠\times٦٠$ نيوتن ، لليسار

$ه_{\text{لورنتز}} = ه_ك - ه_غ = ^{٥-}١٠\times٦٠ - ^{٥-}١٠\times٦٠ = ٠$

∴ يكمل حركته بسرعة ثابتة وبخط مستقيم

٢) ستكون ($ه_غ$) أكبر ، لذلك سينحرف الجسيم عن مساره لليسار .

مثال ٢

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

١) جد القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقدارا واتجاها .

٢) عند إضافة مجال مغناطيسي للمنطقة نفسها ، وفي لحظة ما أدخل بروتون آخر يتحرك بالسرعة نفسها إلى هذه المنطقة ، فلوحظ أن البروتون أكمل حركته دون انحرف ، احسب مقدار المجال المغناطيسي وحدد اتجاهه .

٣) اذا أدخل جسيم ألفا بالسرعة نفسها ، إلى المنطقة ، فهل يكمل حركته بلا انحراف ، فسر ؟

الحل :

$$\text{ـــ}_{.} = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \quad / \quad ع = ١,٦ \times ١٠^{٤} \overset{+}{س} \quad / \quad \text{مـ} = ٢ \times ١٠^{-٣} \bar{ص}$$

١) $\text{و}_{ل} = \text{مـ} \times \text{ـــ}_{.} = ٢ \times ١٠^{-٣} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٣,٢ \times ١٠^{-١٦}$ نيوتن ، $\bar{ص}$

٢) أكمل حركته دون انحراف يعني $\text{و}_{\text{لورينز}}$ = صفر

$\therefore \text{و}_{ل} = \text{و}_{غ}$ وتعاكسها بالاتجاه

$$\text{و}_{غ} = ٣,٢ \times ١٠^{-١٦}$$

$$\text{ـــ}_{.} \, ع \, غ \, جا\theta = ٣,٢ \times ١٠^{-١٦}$$

$$\Leftarrow غ = \frac{٣,٢ \times ١٠^{-١٦}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١,٦ \times ١٠^{٤} \times جا٩٠} = \frac{٢}{١,٦} \times \frac{١٠^{-١٦}}{١٠^{-١٥}} = ٠,١٢٥ \text{ تسلا}$$

وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه (غ) للداخل ($\otimes$)

٣) نعم ، يكمل حركته دون انحراف ؛ لأنه عند حساب قوة لورنتز نلاحظ أن الشحنة تضاعفت مرتين في كلا القوتين الكهربائية والمغناطيسية ، ولكن السرعة ومقدار كل مجال لم تتغير .

مثال ٣

اذكر التطبيقات العملية على قوة لورنتز ؟

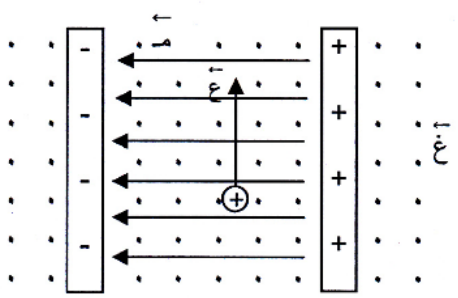
الحل :

١) بعض الأجهزة الكهربائية المستخدمة في الطب والصناعة والأبحاث العلمية .

٢) في الأجهزة البحثية ، مثل منتقي السرعة وجهاز مطياف الكتلة .

مثال ٤ وزاري ٢٠١٦

يبين الشكل مجال كهربائي منتظم (٦٠٠) فولت/م متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم فإذا تحركت شحنة موجبة تحت تأثير المجالين بسرعة ثابتة للأعلى مقدارها (٥×١٠^{٣}) م/ث .



١) حدد اتجاه القوتين المؤثرتين على الشحنة .

٢) احسب مقدار المجال المغناطيسي .

٣) متى تنحرف الشحنة عن مسارها نحو اليمين .

الحل :

١) القوة الكهربائية نحو السينات السالب ، القوة المغناطيسية نحو السينات الموجب .

٢) $\vec{ه}$ لورينز = صفر

$$م\vec{ـ} = \cancel{س} \cdot ع غ جا\theta$$

$$٦٠٠ = ٥ \times ١٠^{٣} \times غ \times جا٩٠$$

$$\Leftarrow غ = \frac{٦٠٠}{٥ \times ١٠^{٣}} = ١٢٠ \times ١٠^{-٣}$$ تسلا ، للخارج (⊙)

٣) عندما تكون القوة المغناطيسية أكبر من القوة الكهربائية ويحدث ذلك عندما نزداد سرعة الشحنة أو زيادة مقدار المجال المغناطيسي ($ه_{غ} = \cancel{س} \cdot ع \times غ \times جا\theta$)

مثال ٥

قذف جسيم شحنته (٠,٤) ميكروكولوم بسرعة مقدارها (١٠٠) م/ث نحو الصادات الموجب إلى منطقة مجالين إحداهما كهربائي (٥٠٠) نيوتن / كولوم ، س+ ، والآخر مغناطيسي (٢) تسلا نحو الزينات السالب ، جد قوة لورنتز المؤثرة في هذا الجسيم لحظة دخوله منطقة المجالين مقدارا واتجاها .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

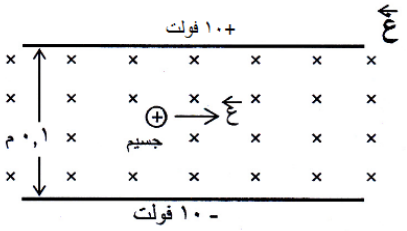
.....

.....

١٢٠×١٠^{-٦} نيوتن ، س+

مثال ٦ وزاري ٢٠٠٩ مكرر

صفيحتان مشحونتان ومغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠،٢) تسلا ، تحرك جسيم مهمل الكتلة مشحون بشحنة موجبة مقدارها (٢×١٠^{-٦}) كولوم بسرعة (١×١٠^{٤}) م/ث . بالاستعانة بالقيم والاتجاهات المثبتة على الشكل احسب:



١) القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم مقدارًا واتجاهًا .

٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم مقدارًا واتجاهًا .

٣) القوة المحصلة المؤثرة في الجسيم أثناء حركته ، وماذا تسمى هذه القوة ؟

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

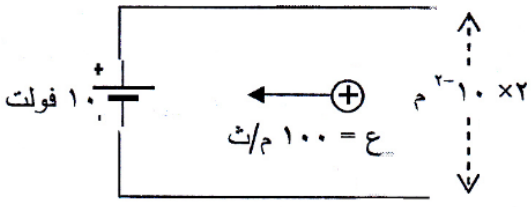
.....

.....

.....

١) $ه_{غ} = ٤ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن ، ص+ ٢) $ه_{ك} = ٤٠٠ \times ١٠^{-٦}$ نيوتن ، ص- ٣) $ه_{ع} = ٣٦ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن ،

مثال٧ وزاري ٢٠١٤



يُمثل الشكل المجاور جُسيم مشحون بشحنة موجبة يتحرك بسرعة ثابتة عموديًا على مجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي ، معتمدًا على الشكل المجاور وبياناته ، احسب مقدار وحدّد اتجاه المجال المغناطيسيين ، بحيث يستمر الجسيم في حركته دون انحراف.

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

غ = ٥ تسلا ، نحو الناظر

تستخدم قوة لورنتز في الأجهزة البحثية مثل :

١) منتقي السرعة ٢) مطياف الكتلة

وفي ما يلي توضيح لعمل لكل جهاز :

١ منتقي السرعة

تعريف

هو جهاز يستخدم لاختيار جسيمات ذات سرعة محددة للحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعة ثابتة في خط مستقي .

آلية عمله :

يستخدم مجالان متعامدان ، كهربائي ومغناطيسي ، يؤثر كل منهما بقوة على الجسيمات المشحونة المتحركة .

اذا أكملت الشحنات حركتها بلا انحراف فهذا يعني :

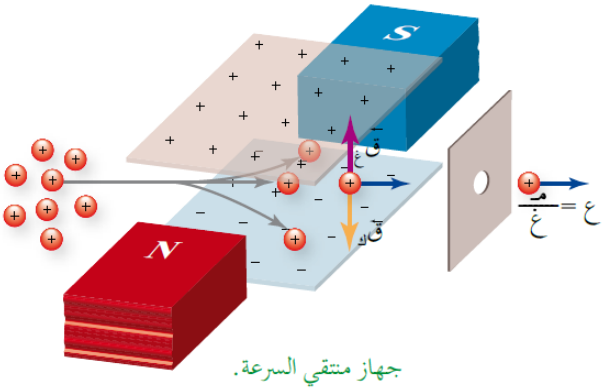
$ق_ك = ق_غ$

$\Leftarrow$ $ك م ع = ك ع غ جا ٩٠$

$\Leftarrow$ $م = ع غ$ $\Leftarrow$ $ع = \frac{م}{غ}$

أي أن الجسيمات التي تكون سرعتها مساوية لـ ($\frac{مـ}{غ}$) تكمل طريقها دون انحراف ، وباقي الجسيمات تنحرف .

∴ يمكن التحكم بكل من (مـ) و (غ) للحصول على السرعة المطلوبة



جهاز منتقي السرعة.

٢ مطياف الكتلة

تعريف

هو جهاز يستخدم لفصل الأيونات المشحونة عن بعضها وفق نسبة شحنة كل منها إلى كتلته .

الهدف :

١) لمعرفة كتلة الأيونات ونوع شحنتها .

٢) دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية .

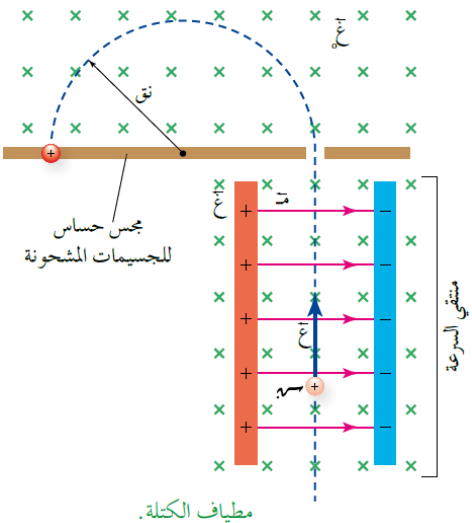
مبدأ عمله :

١) يستخدم فيه منتقي السرعة في البداية لانتقاء الجسيمات التي لها السرعة نفسها .

٢) نخرج هذه الجسيمات من منطقة المجالين الكهربائي والمغناطيسي وتدخل منطقة أخرى فيها مجال مغناطيسي آخر ($غ_{\circ}$) . اتجاهه بنفس اتجاه المجال المغناطيسي الأول .

٣) فتتحرك الجسيمات المشحونة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طرديا مع كتلة الجسيمات .

٤) في نهاية المسار النصف دائري تصطدم الجسيمات بمجس حساس للجسيمات المشحونة .



مطياف الكتلة.

٥) اعتمادا على نصف القطر ومن العلاقة ($نو = \frac{ك ع}{ـــ غ}$) يمكن تحديد النسبة بين الكتلة والشحنة للجسيم .

(في حال كانت الشحنة معلومة تستطيع تحديد كتلة الجسيم) .

العالم ثومسون استخدم جهاز مطياف الكتلة لقياس نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته .

ما الشروط اللازم تحققه لكي يعمل المجالان الكهربائي والمغناطيسي معا لانتقاء سرعة محددة لجسيمات المتحركة ؟

يجب أن تكون القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه .

اذكر اثنتين من استخدامات مطياف الكتلة ؟

١) فصل الأيونات المشحونة عن بعضها حسب نسبة شحنتها إلى كتلتها ؛ لمعرفة كتلتها وشحنتها .

٢) دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية .

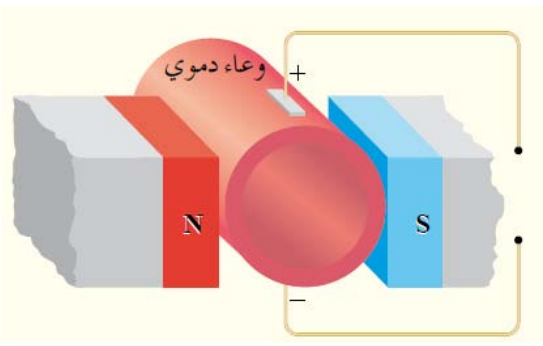
وضح دور كل من المجال المغناطيسي الأول (غ) والمجال المغناطيسي الثاني ($غ_{\circ}$) في جهاز مطياف الكتلة ؟

- المجال المغناطيسي الأول (غ) يعمل على توليد قوة مغناطيسية تساوي في المقدار وتعاكس القوة الكهربائية في الاتجاه ، لتتحرك الشحنة في خط مستقيم .

- المجال المغناطيسي الثاني ($غ_{\circ}$) يجعل الشحنات تتحرك في مسار دائري يتناسب نصف قطره مع كتلة الشحنات طرديا .

ملاحظة

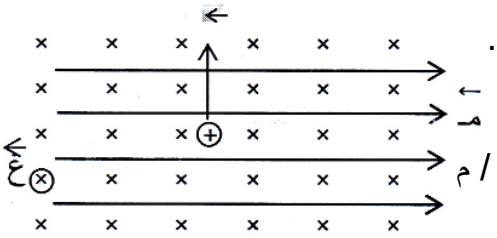
من التطبيقات العملية على قوة لورنتز ، المضخة الكهرمغناطيسية في جهاز القلب الصناعي ، حيث تستخدم لضخ الدم الذي يحتوي أيونات موجبة وأيونات سالبة .



حيث يؤثر مجال كهربائي نحو (ص-) عموديا على الوعاء الدموي والمجال المغناطيسي بحيث تتدفق الأيونات السالبة والموجبة باتجاه واحد مع جريان الدم .

مثال٨ وزاري ٢٠١٥

الشكل المجاور يمثل مجال كهربائي يؤثر نحو اليمين ومتعامدًا مع مجال مغناطيسي منتظم مبتعدًا عن الناظر ، تحركت شحنة كهربائية موجبة تأثير المجالين بسرعة ثابتة نحو الأعلى .



اعتمادًا على الرسم أجب عما يأتي :

١) احسب سرعة الشحنة إذا كان مقدار المجال الكهربائي (٤٠٠) فولت / م والمجال المغناطيسي (٠،٨) تسلا .

٢) صِف حركة الشحنة الكهربائية إذا كانت الشحنة سالبة . فسر إجابتك

الحل :

.....

.....

.....

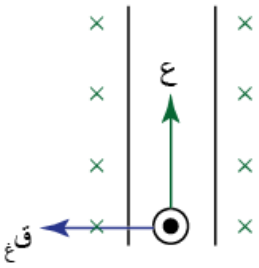
.....

.....

.....

.....

القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل مستقيم يحمل تيار كهربائي



التيار الكهربائي عبارة عن مجموعة شحنات متحركة في اتجاه واحد .
لذلك فإن القوة المغناطيسية المؤثرة في جميع الشحنات تساوي القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك نفسه .

$ق_غ = ن ع غ جا\theta$ $\quad (ع = \frac{ل}{ز} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}})$

$ق_غ = ن \frac{ل}{ز} غ جا\theta$ $\quad (\text{وحيث أن : } ت = \frac{ن}{ز})$

$ق_غ = ت ل غ جا\theta$

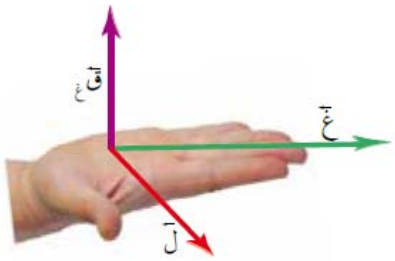
- القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك
- الزاوية بين طول الموصل (اتجاه التيار) واتجاه المجال المغناطيسي
- التيار الكهربائي المار في السلك
- المجال المغناطيسي الخارجي

القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الطوال من السلك :

$\frac{ق_غ}{ل} = ت غ جا\theta$ (نيوتن / م)

اتجاه القوة المغناطيسية يكون دائما عمودي على (ل) و (غ) .

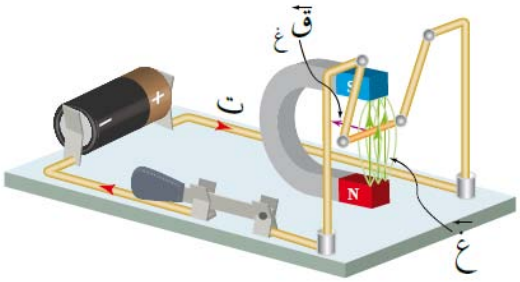
لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية نستخدم قاعدة اليد اليمنى ، حيث :



- **الأصابع** : مع اتجاه (غ) .
- **الإبهام** : مع اتجاه (ل) اتجاه التيار
- **الخارج من راحة اليد** : اتجاه القوة المؤثرة على السلك .

يستدل على اتجاه القوة المغناطيسية عمليا في موصل يحمل تيار من اتجاه انحناء الموصل أو ازاحته اذا كان قابلا للانزلاق والحركة .

والشكل التالي يوضح ذلك :



- عند انعدام التيار في الموصل : لا يتأثر الموصل بقوة مغناطيسية
- عند مرور تيار باتجاه (ز+) : يتأثر بقوة مغناطيسية نحو (س-) فيتحرك الموصل بذلك الاتجاه (س-)

من التطبيقات العملية على القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار :

١) مكبرات الصوت .

٢) الغلفانوميتر المستخدم للكشف عن التيارات الصغيرة .

٣) المحرك الكهربائي ويستخدم في العديد من الأجهزة مثل المراوح والسيارات الهجينة .

اذكر العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تيار موضوع في مجال مغناطيسي ؟

١) مقدار التيار في الموصل

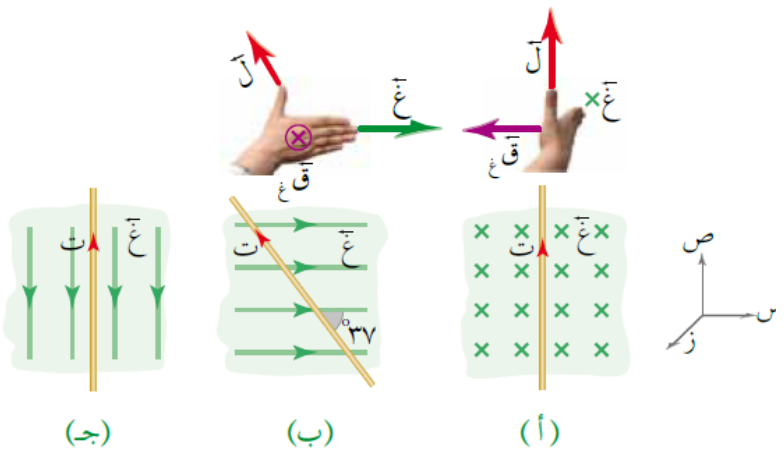
٢) طول الموصل .

٣) مقدار المجال المغناطيسي .

٤) جيب الزاوية المحصورة بين طول الموصل ومتجه المجال المغناطيسي .

مثال ١

موصل مستقيم طوله(٢٠)سم يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤) أمبير ، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٠,١) تسلا ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل في الحالات التالية :



الحل :

ل = ٢٠ × ١٠$^{-٢}$ م / ت = ٤ A / غ = ٠,١ تسلا

ق$_{غ}$ = ت ل غ جاθ

أ) ق$_{غ}$ = ٤ × ٢٠ × ١٠$^{-٢}$ × ١ × ١٠$^{-١}$ × جا٩٠ = ٨٠ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن ، نحو السينات السالب .

ب) ق$_{غ}$ = ٤ × ٢٠ × ١٠$^{-٢}$ × ١ × ١٠$^{-١}$ × جا(١٨٠ − ٣٧)

ق$_{غ}$ = ٨٠ × ١٠$^{-٣}$ × ٠,٦ = ٤٨ × ١٠$^{-٢}$ نيوتن (ز-) ، ⊗

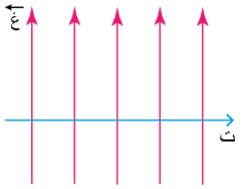
ج) ق$_{غ}$ = ٨٠ × ١٠$^{-٣}$ × جا١٨٠ = صفر

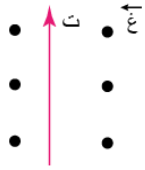
مثال ٢

حدد اتجاه القوة المغناطيسية في الحالات التالية :

١)

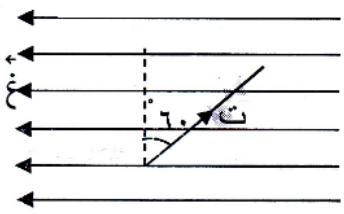
٢)

٣) 

٤) 

مثال ٣

سلك مستقيم طوله (٢٠) سم يسري فيه تيار كهربائي مقداره (٥) أمبير موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠،٦) تسلا ، وكلاهما يقع في مستوى الورقة كما في الشكل . احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك وحددّ اتجاهها .



الحل :

ل = ٢٠ × ١٠$^{-٢}$ م / ت = ٥ A / غ = ٠,٦ تسلا

ق$_{غ}$ = ت ل غ جاθ

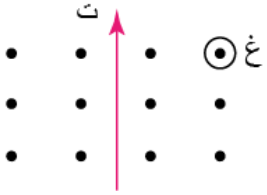
ق$_{غ}$ = ٥ × ٢٠ × ١٠$^{-٢}$ × ٠,٦ × جا١٥٠ = ٠,٣ نيوتن ، نحو الناظر ⊙

جا١٥٠ = جا٣٠

١٨٠ − ١٥٠ = ٣٠ ⇐

مثال ٤

سلك مستقيم يمر فيه تيار (٤) أمبير مغمور في مجال (غ) مقداره (٠,٢) تسلا ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في طول مقداره (٤)سم من السلك .



الحل :

ل = ٤×١٠$^{-٢}$ م / ت = ٤ A / غ = ٠,٢ تسلا

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

مثال ٥

في الشكل المجاور سلك على شكل حلقة موصول مع بطارية وموضوع في مجال مغناطيسي :

١) ماذا سيحدث للحلقة عند اغلاق المفتاح (ح) .

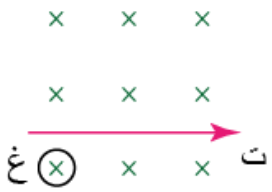
٢) ماذا سيحدث لو عكسنا اتجاه البطارية وأغلقنا المفتاح .

الحل :

١) عند غلق المفتاح يمر في السلك تيار عكس عقارب الساعة وسيتأثر بقوة مغناطيسية اتجاهها نحو مركز الحلقة لذا ستنكمش الحلقة على نفسها .

٢) عند عكس البطارية ينعكس اتجاه التيار ويصبح مع عقارب الساعة ويتأثر السلك بقوة مغناطيسية اتجاهها خارج من الحلقة لذا ستنفتح الحلقة ويزداد قطرها .

مثال ٦



اذا علمت أن السلك في الشكل متزن وكتلته (٤٠)غم ويسري فيه تيار مقداره (٢) أمبير وطوله (٠,٥)م ، احسب مقدار المجال المغناطيسي (غ)

الحل :

.....

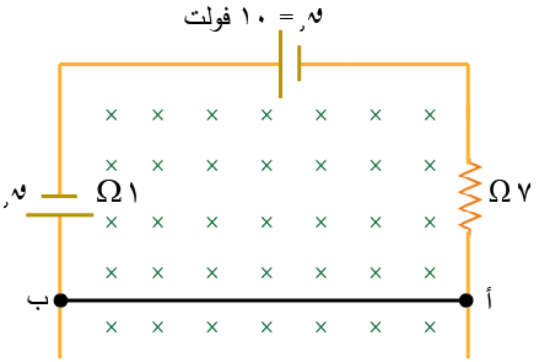
.....

.....

.....

.....

مثال ٧



مجال مغناطيسي منتظم مقداره (١٠) تسلا تحترق دارة كهربائية باتجاه المحور الزيني السالب كما في الشكل اذا كان الموصل (أب) في الدارة قابل للانزلاق دون احتكاك وكتلة وحدة الطوال منه (٢٠)غم/سم ، فاحسب القوة الدافعة (ه) التي تجعل السلك (أب) متزن

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

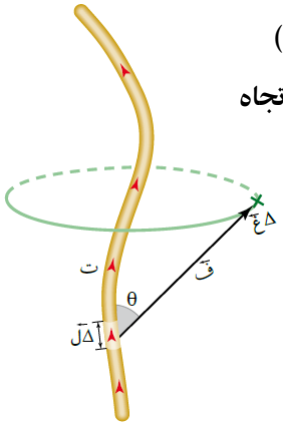
.....

ه = ٦ فولت

المجال المغناطيسي الناشىء عن تيار كهربائي

توصل العالم أورستد إلى أن التيار الكهربائي هو أحد أهم مصادر المجال المغناطيسي .

- حيث لاحظ انحراف إبرة مغناطيسية عند وضعها بالقرب من موصل معزول يمر فيه تيار كهربائي .
- بعدها توصل العالمان (بيو) و (سافار) تجريبياً إلى علاقة رياضية لحساب المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل يسري فيه تيار وعرف بقانون (بيو – سافار) :



الزاوية بين اتجاه ($\vec{غ}$) واتجاه ($\overleftarrow{\Delta ل}$) حيث اتجاه (Δل) باتجاه التيار

جزء من طول الموصل

ثابت النفاذية المغناطيسية للوسط المحيط بالموصل

μ ثابت النفاذية المغناطيسية للهواء أو الفراغ $\Rightarrow$

$= ٤\pi \times ١٠^{-٧}$ تسلا . م / أمبير

$$\Delta غ = \frac{\mu}{٤\pi} \text{ ت } \frac{\Delta ل \text{ جا} \theta}{ف^{٢}}$$

مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة

البعد بين النقطة والموصل (Δل)

قانون (بيو – سافار) بالكلمات

أن مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد المسافة (ف) عن (Δل) من طول موصل يمر فيه تيار كهربائي والناشئ عنه يتناسب طرديا مع كل من مقدار التيار وطول الموصل و(جاθ) وعكسيا مع مربع بعد النقطة عن (Δل) من الموصل .

تمثل الصورة الرياضية التالية : $\Delta غ = \frac{\mu}{٤\pi}$ ت $\frac{\Delta ل \text{ جا} \theta}{ف^{٢}}$ **تعبيرا رياضيا في المغناطيسية ، اجب عما يلي**

١) ما اسم القانون الذي تعبر عنه هذه الصورة .

٢) ما المقصود بكل من (Δل ، ف ، θ) .

٣) ما الزاوية المحصورة بين (Δغ) وكل من (Δل) و (ف) .

الحل :

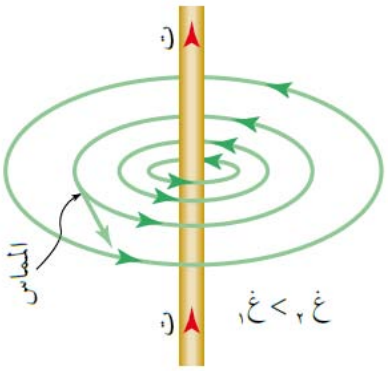
١) قانون بيو – سافار

٢) Δل : طول جزء من الموصل ، ف : البعد بين محور السلك والنقطة المراد حساب المجال المغناطيسي عندها

الزاوية المحصورة بين (Δل) واتجاه (ف)

٣) الزاوية هي (٩٠°)

١ المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في موصل مستقيم طويل



باستخدام قانون (بيو – سافار) واجراء بعض العمليات الرياضية عليه فإن :

المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك طويل فيه تيار

$$غ = \frac{\mu_0 ت}{ف 2\pi}$$

شكل خطوط المجال المغناطيسي حول السلك :

١) تكون على شكل دوائر متحدة في المركز .

٢) يقع مركزها عند نقطة على محور الموصل .

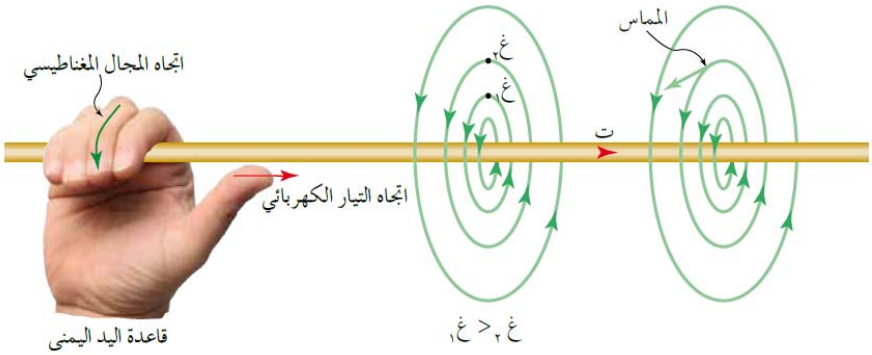
٣) يكون مستواها عموديا على الموصل .

اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من الموصل يكون اتجاه لخط المجال عند تلك النقطة .

المجال المغناطيسي على امتداد الموصل يساوي صفر ؛ لأن (θ) بين (△ل) و(ف) تساوي صفر .

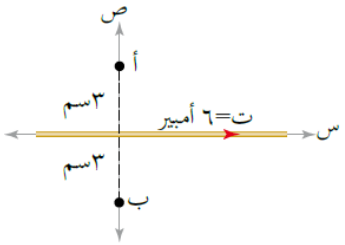
لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل المستقيم نستخدم قاعدة اليد اليمنى ؛ حيث :

اذا قبضنا على السلك باليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه مرور التيار ، فإن بقية الأصابع تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي .



مثال ١

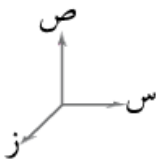
في الشكل موصل مستقيم يحمل تيار مقداره (٦) أمبير ، جد مقدار المجال المغناطيسي الناشئ عن هذا التيار واتجاهه عند (أ) و (ب) .



الحل :

النقطتين (أ) و (ب) لهما نفس البعد عن السلك لذلك فإن مقدار (غ أ) و (غ ب) متساوٍ ويساوي :

$$غ = \frac{\mu_{.} ت}{2\pi ف} = \frac{6 \times 10^{-7} \times 4\pi}{3 \times 10^{-2} \times 2\pi} = 4 \times 10^{-5}$$ تسلا

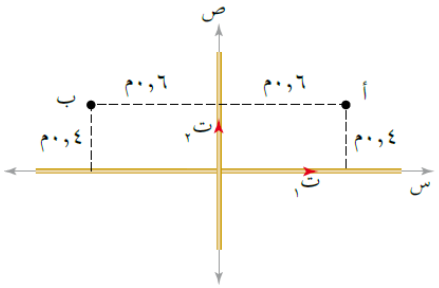


اتجاه (غ) عند (أ) ⇐ ⊙ باتجاه الزيني الموجب

اتجاه (غ) عند (ب) ⇐ ⊗ باتجاه الزيني الموجب

مثال ٢

موصلين مستقيمين طويلين متعامدين ، يمر في كل منهما تيار مقداره (١٢) أمبير ، جد المجال المغناطيسي المحصل عند (أ) و (ب) .



الحل :

النقطة (أ) : $\overleftarrow{غ} = \overleftarrow{غ_1} + \overleftarrow{غ_2}$

$$غ_1 = \frac{\mu_{.} ت_1}{2\pi ف_1} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 4\pi}{4 \times 10^{-1} \times 2\pi} = 6 \times 10^{-6}$$ تسلا ⊙

$$غ_2 = \frac{\mu_{.} ت_2}{2\pi ف_2} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 4\pi}{6 \times 10^{-1} \times 2\pi} = 4 \times 10^{-6}$$ تسلا ⊗

∴ $غ_أ = غ_1 - غ_2 = 6 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6}$ ⊙

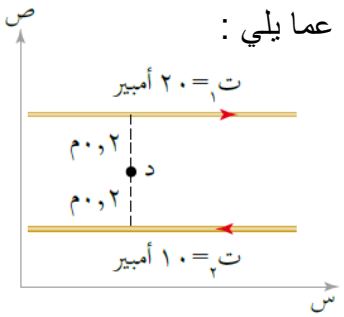
النقطة (ب) : لها البعد عن السلكين نفسه للنقطة (أ)

∴ $غ_1 = 6 \times 10^{-6}$ تسلا ⊙ ، ∴ $غ_2 = 4 \times 10^{-6}$ تسلا ⊙

∴ $غ_ب = غ_1 + غ_2 = (6+4) \times 10^{-6} = 10 \times 10^{-6}$ تسلا ⊙

مثال ٣

موصلان مستقيمان يحملان تياران متعاكسين (ت١ ، ت٢) معتمدا على الشكل اجب عما يلي :



١) جد المجال المغناطيسي المحصل عند (د) .

٢) حدد النقطة أو النقاط التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي .

الحل :

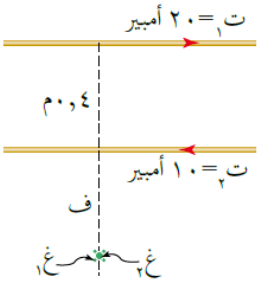
١) $\overleftarrow{غ_د} = \overleftarrow{غ_1} + \overleftarrow{غ_2}$

$$غ_1 = \frac{\mu_{.} ت_1}{2\pi ف_1} = \frac{20 \times 10^{-7} \times 4\pi}{2 \times 10^{-1} \times 2\pi} = 2 \times 10^{-5}$$ تسلا ⊗

$$غ_2 = \frac{\mu_{.} ت_2}{2\pi ف_2} = \frac{10 \times 10^{-7} \times 4\pi}{2 \times 10^{-1} \times 2\pi} = 1 \times 10^{-5}$$ تسلا ⊗

∴ $غ_د = غ_1 + غ_2 = (2+1) \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-5}$ ⊗

٢) حتى ينعدم المجال المغناطيسي ($غ_{محصلة}$ = صفر) يجب أن يكون المجالان متساويان مقدارا ومتعاكسان اتجاها وذلك يكون في المنطقة خارج الموصلين من جهة التيار الأصغر .



$$غ_{١} = غ_{٢}$$

$$\frac{\mu . ت_{١}}{٢\pi ف_{١}} = \frac{\mu . ت_{٢}}{٢\pi ف_{٢}}$$

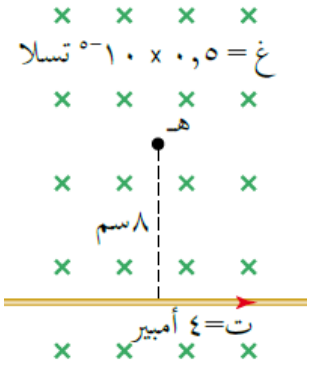
$$\frac{٢٠}{٠,٤ + ف} = \frac{١٠}{ف}$$

$٢٠ف = ٤ + ١٠ف \Leftarrow ف = ٠,٤$ م

∴ ينعدم المجال عند النقاط جميعها الواقعة على خط مستقيم يوازي الموصلين وعلى بعد (٠,٤) م من الموصل الثاني و(٠,٨) م من الموصل الأول .

مثال ٤

في الشكل مجال مغناطيسي منتظم وموصل مستقيم طويل فيه تيار ، اعتمد على الشكل في الإجابة عما يلي :



١) اوجد المجال المغناطيسي المحصل عند (هـ) .

٢) القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية مقدارها (٢) نانوكولوم في أثناء مرورها بالنقطة (هـ) بسرعة (٤٠٠) م/ث باتجاه المحور الصادي السالب .

الحل :

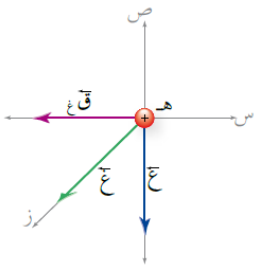
١) $\overleftarrow{غ_{هـ}} = \overleftarrow{غ_{مستقيم}} + \overleftarrow{غ_{منتظم}}$

$$غ_{مستقيم} = \frac{\mu . ت}{٢\pi ف} = \frac{٤ \times \pi ٤}{٢\pi \times ٨ \times ١٠^{-٢}} = ١ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا } \odot$$

$$غ_{منتظم} = ٥ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا } \otimes$$

$$\therefore \overleftarrow{غ_{هـ}} = \overleftarrow{غ_{مستقيم}} - \overleftarrow{غ_{منتظم}} = (١ - ٠,٥) \times ١٠^{-٥} = ٠,٥ \times ١٠^{-٥} \text{ تسلا } \odot$$

٢) عند مرور الشحنة عند النقطة (هـ) يؤثر فيها المجال المحصل ($غ_{هـ}$) بقوة مغناطيسية :



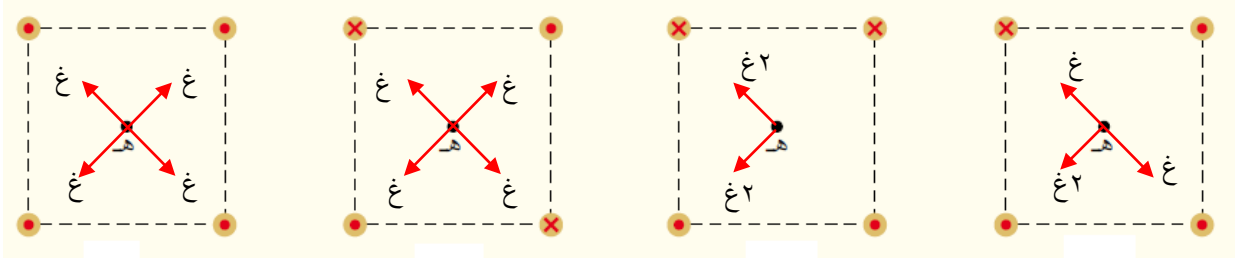
$$ق_{غ} = ش ع غ \text{ جا}\theta \quad ، \quad \theta = ٩٠$$

$$= ٢ \times ١٠^{-٩} \times ٤٠٠ \times ٥ \times ١٠^{-١} \times ١٠^{-٥} \times \text{جا}٩٠$$

$$= ٤ \times ١٠^{-١٢} \text{ نيوتن ، س-}$$

مثال ٥

في الشكل أربعة توزيعات لموصلات مستقيمة يمر فيها تيار بالاتجاه الزيني ، اذا كان التيار متساوٍ في كل الموصلات ، رتب الأشكال تصاعديا حسب مقدار (غ) عند (هـ) :



غ محصلة = ٢غ غ محصلة = √٨غ = ٢√٢غ غ محصلة = صفر غ محصلة = صفر

∴ غ$_{د}$ = غ$_{جـ}$ < غ$_{أ}$ < غ$_{ب}$

مثال ٦

اذا انعدم المجال عند (أ) اجب عما يلي :

١) حدد اتجاه التيار (ت٢) .

٢) أيهما أكبر (ت١) أم (ت٢) ؟ فسر اجابتك .

الحل :

١) بما أن المجال انعدم عند (أ) و(أ) نقطة خارجها) يجب أن يكون المجالين من (ت٢) و(ت١) متعاكسين

اتجاه (غ١) نحو ص- ، اذاً يجب أن يكون اتجاه (غ٢) نحو ص+

وحسب قاعدة اليد اليمنى (ت٢) نحو الداخل

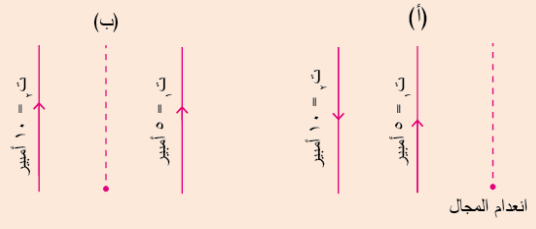
٢) ت٢ > ت١ ، لأن التيار (ت٢) أبعد عن النقطة (أ) ومع ذلك فإن غ٢ = غ١

ملاحظات هامة

١) نقاط انعدام المجال المغناطيسي لسلكين متوازيين :

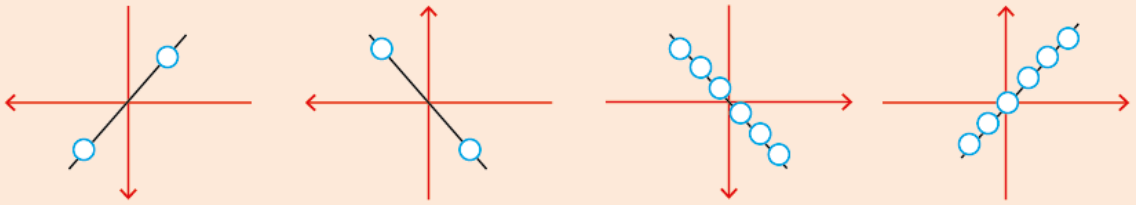
أ) مختلفين في اتجاه التيار على خط مستقيم خارجها ومواز لهما من جهة التيار الأصغر .

ب) متشابهان في اتجاه التيار على خط مستقيم بينهما ومواز لهما وأقرب للتيار الأصغر



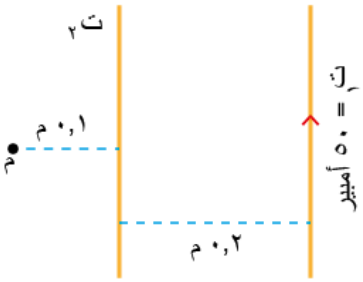
٢) نقاط انعدام المجال المغناطيسي لسلكين متعامدين :

دائما في المنطقة المحصورة بين اتجاه التيارين والمنطقة المقابلة لها .



○ منطقة انعدام المجال

مثال ٧



في الشكل سلكان مستقيمان في مستوى الورقة اعتمد على الشكل للإجابة عما يلي :

١) مقدار المجال المغناطيسي عند (أ) والناشئ عن (ت١)

٢) مقدار التيار (ت٢) وحدد اتجاهه حتى ينعدم المجال عند النقطة (م)

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

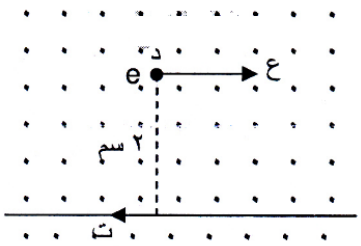
.....

.....

١) ٥٠ × ١٠$^{-٦}$ تسلا ، ⊗ ٢) $\frac{٥٠}{٣}$ أمبير ، ص-

مثال٨

سلك مستقيم طويل جدا يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤) أمبير مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٥×١٠^{-٥}) تسلا ،كما في الشكل المجاور احسب :



١) القوة المغناطيسية المؤثرة في جزء من السلك طوله (١) متر وحددّ اتجاهها

٢) المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (د)

٣) القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك بسرعة (٢×١٠^{٥}) م/ث لحظة مروره بالنقطة (د) بالاتجاه السيني الموجب

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

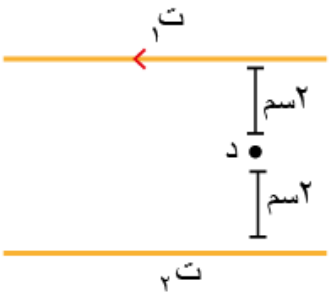
.....

.....

.....

١) ٢٠×١٠^{-٥} نيوتن ، ص+ ٢) ١×١٠^{-٥} تسلا ، ⊙ ٣) $٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ نيوتن ، ص+

مثال ٩



سلكان مستقيمان متوازيان لانهائيا الطول في مستوى الصفحة يحملان تيارين (ت١ = ٦ أمبير) (ت٢) ، احسب مقدار واتجاه (ت٢) ليصبح المجال المغناطيسي المحصل عند (د) يساوي (٤×١٠$^{-٥}$) تسلا ، نحو الناظر .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

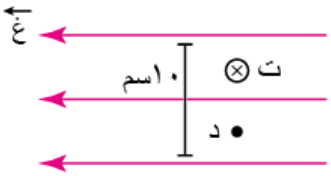
.....

.....

ت٢ = ٢ أمبير ، لليمين ، س-

مثال ١٠

سلك مستقيم لانهائي الطول ، يحمل تيار كهربائي (٤٠) أمبير عمودي على مستوى الورقة بعيدا عن الناظر ، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (٣×١٠$^{-٤}$) تسلا كما في الشكل :



١) احسب القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك مقدارا واتجاها .

٢) احسب المجال المغناطيسي عند (د) .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

١) ١,٢×١٠$^{-٢}$ ن / م ، ص+ ٢) ٣٨×١٠$^{-٥}$ تسلا ، س-

٢ المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي يمر في ملف دائري

وجد تجريبيا أن المجال المغناطيسي الناشئ في مركز ملف دائري يعطى بالعلاقة التالية :

(ويمكن اشتقاقها من قانون بيو – سافار)

مقدار التيار في الملف

النفاذية المغناطيسية للهواء أو الفراغ

عدد لفات الملف الدائري

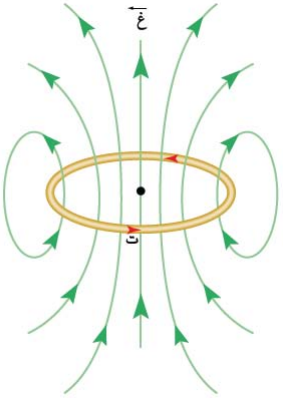
$$غ = \frac{\mu_{\circ} ت ن}{٢ نق}$$

المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري

نصف قطر الملف الدائري

شكل المجال المغناطيسي الناشئ عن ملف دائري :

- في مركز الملف يكون المجال عموديا على مستوى الملف ، ويمكن تمثيله بخط مستقيم .
- وتنحني خطوط المجال ويزداد انحناؤها كلما ابتعدنا عن مركز الملف .

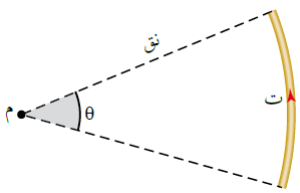


قاعدة اليد اليمنى

لتحديد اتجاه المجال الناشئ عن في مركز الملف الدائري :

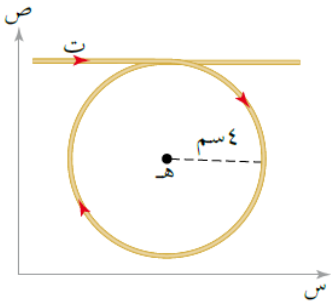
نستخدم قاعدة اليد اليمنى ⇐ توضع الأصابع الأربعة باتجاه التيار في الملف الدائري ⇐ فيشير الإبهام إلى اتجاه المغناطيسي (القطب الشمالي) (N) في مركز الملف الدائري

اذا كان الموصل جزء من لفة دائرية (على شكل قوس) فإن (ن) تحسب من العلاقة التالية



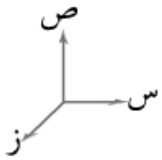
$$ن = \frac{\theta}{٣٦٠^{\circ}}$$ ← الزاوية المركزية التي تقابل القوس بالدرجات

مثال ١



في الشكل موصل مستقيم طويل يمر فيه تيار كهربائي (١٢) أمبير ، صنع منه جزء منه ملف دائري مكون من (٧) لفات نصف قطره (٤)سم ، جد المجال المغناطيسي المحصل في مركز الملف (هـ) مقدارا واتجاها

الحل :



$\overleftarrow{غ}_{هـ} = \overleftarrow{غ}_{ملف} + \overleftarrow{غ}_{مستقيم}$

$غ_{ملف} = \frac{\mu_{.} ت ن}{٢ نق هـ} = \frac{٧ \times ١٢ \times ١٠^{-٧} \times \pi \not{٤}}{٢ \times \not{٤} \times ١٠^{-٢}}$

$= \frac{\pi \times ٧ \times ١٢}{٢} \times ١٠^{-٥} = \frac{٢٢}{\not{٧}} \times \not{٧} \times ٦ \times ١٠^{-٥} = ١٣٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ، للداخل ⊗

$غ_{سلك} = \frac{\mu_{.} ت}{٢ \pi ف} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٧} \times \pi \not{٤}}{٢ \times \not{٤} \times \pi ٢ \times ١٠^{-٢}}$

$= \frac{١٢}{٢} \times ١٠^{-٥} = ٦ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ، للداخل ⊗

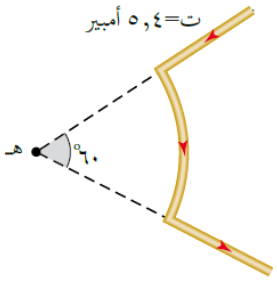
$غ_{هـ\ (محصلة)} = غ_{١} + غ_{٢}$

$= ١٣٢ \times ١٠^{-٥} + ٦ \times ١٠^{-٥} = ١٣٨ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ، للداخل (ز-) ، ⊗

مثال ٢

موصل نصف قطر الجزء الدائري منه (٩)سم ، اعتمد على الشكل لإيجاد مقدار المجال المغناطيسي عند (هـ) ؟

الحل :



النقطة (هـ) تقع على امتداد الجزئين المستقيمين من الموصل

⇐ المجال المغناطيسي الناتج عن الجزء المستقيم يساوي صفر (حسب بيو – سافار)

$ن = \frac{\theta}{٣٦٠} = \frac{٦٠}{٣٦٠} = \frac{١}{٦}$ لفة

$غ_{دائري} = \frac{\mu_{.} ت ن}{٢ نق هـ} = \frac{\frac{١}{٦} \times ٥,٤ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{٢ \times ٩ \times ١٠^{-٢}} = ٠,٢ \times \pi \times ١٠^{-٥}$ تسلا

باتجاه (ز-) بعيدا عن الناظر

مثال ٣

أ) اذكر العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي الناشئ في مركز ملف دائري

ب) هل المجال المغناطيسي المتولد في مركز الملف الدائري منتظم ؟ فسر اجابتك .

الحل :

أ) ١) مقدار التيار المار فيه (علاقة طردية) .

٢) عدد لفات الملف الدائري (علاقة طردية)

٣) نصف قطر الملف الدائري (علاقة عكسية)

٤) النفاذية المغناطيسية للوسط .

ب)

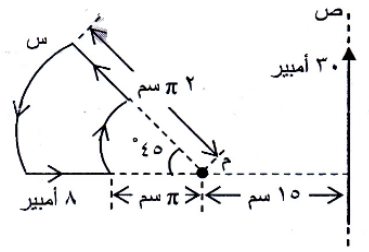
.....

.....

.....

مثال ٤

يمثل الشكل سلك مستقيم لانهائي الطول (ص) وسلك (س) يحمل كل منها تيار كهربائي ، معتمدا على الشكل احسب مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم شحنته (٤×١٠^{-٥}) كولوم وسرعته (٢×١٠^{٥}) م/ث يتحرك باتجاه محور الصادات السالب لحظة مروره بالنقطة (م) .



الحل :

ق = ش ع غ جا θ

غ محصلة = غ سلك صغير + غ ملف كبير − غ ملف صغير

$$= \frac{\mu_{ت}}{ف ٢\pi} + \frac{\mu_{ت}\, ن}{نق_{كبير}\ ٢} - \frac{\mu_{ت}\, ن}{نق_{صغير}\ ٢}$$

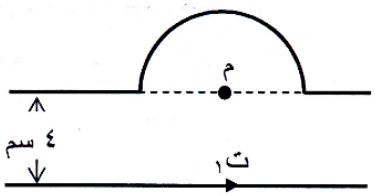
$$= \frac{٣٠ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{١٠ \times ١٥ \times \pi ٢^{-٢}} + \frac{\frac{١}{٨} \times ٨ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{١٠ \times \pi ٢ \times ٢^{-٢}} - \frac{\frac{١}{٨} \times ٨ \times ١٠^{-٧} \times \pi ٤}{١٠ \times \pi ٢^{-٢}}$$

$= ٣ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊙

ق $= ٤ \times ١٠^{-٥} \times ٢ \times ١٠^{٥} \times ٣ \times ١٠^{-٥} \times ١$

$= ٢٤ \times ١٠^{-٦}$ نيوتن ، (س -)

مثال ٥



يُمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول يسري فيه تيارًا كهربائيًا (ت١ = ٨) أمبير ويقع في مستوى الصفحة ، وسلك آخر في نفس المستوى صُنع منه نصف لفة نصف قطرها (π) سم ويسري فيه تيارًا كهربائيًا (ت٢) ، احسب مقدار التيار (ت٢) وحدّد اتجاهه في السلك الثاني بحيث ينعدم المجال المغناطيسي المحصل في مركز اللفة (م) .

الحل :

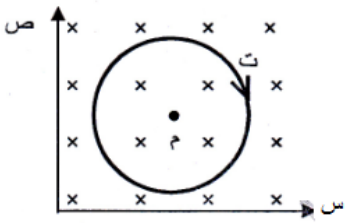
حتى ينعدم المجال المغناطيسي عند (م) يكون :

$$\text{غ للسلك} = \text{غ لنصف اللفة} \Leftarrow \frac{\mu_0 ت_1}{ف \pi 2} = \frac{\mu_0 ت_2 ن}{2 نق} \Leftarrow \frac{٨}{٢ \times ٤ \times \pi \times ١٠^{-٢}} = \frac{\frac{١}{٢} \times ت_2}{\pi \times ١٠^{-٢}}$$

$\Leftarrow$ ت٢ = ٤ أمبير ، مع عقارب الساعة ، لليمين

مثال ٦

ملف دائري عدد لفاته (٧) لفات ، ونصف قطره (٤ × ١٠^-٢) م ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٢) أمبير، مغمور في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (١ × ١٠^-٥) تسلا كما في الشكل :



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

٢) ما اسم القاعدة التي استخدمتها لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند مركز الملف (م)؟

٣) احسب مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المجال المحصل عند (م)

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

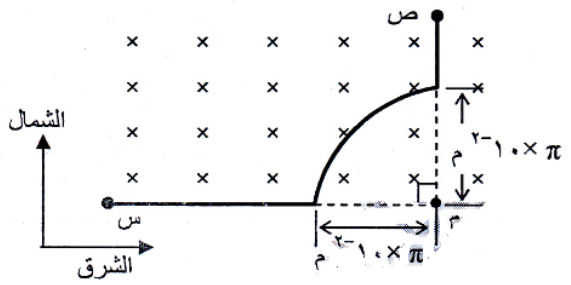
.....

.....

١) ٢٣ × ١٠^-٥ تسلا ، للداخل ٢) ٢٣ × ١٠^-٥ نيوتن ، ص-

مثال ٧

يمثّل الشكل المجاور سلكًا (س ص) يحمل تيارًا كهربائيًا (ت) ومغمور في مجال مغناطيسي (٦ × ١٠^-٥) تسلا تتحرك شحنة كهربائية نقطية (٢ × ١٠^-٦) كولوم نحو الشرق بسرعة (٤ × ١٠^٦) م/ث . احسب مقدار واتجاه التيار (ت) الذي يجعل تلك الشحنة عند مرورها بالنقطة (م) تتأثر بقوة (٠,٤ × ١٠^-٦) نيوتن نحو الجنوب .



الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

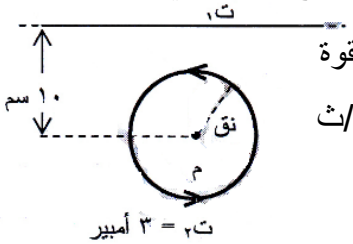
.....

.....

ت = ٢٢ أمبير ، ص ← س

مثال ٨

يبين الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول ، يمر به عبر تيار كهربائي (ت١) ويقع أسفله وفي نفس مستوى الصفحة ملف دائري نصف قطره (π٢)سم ، وعدد لفاته (٤) لفات. فإذا علمت أن القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم شحنته (٢ × ١٠^-٦) كولوم يتحرك بسرعة (٣ × ١٠^٦)م/ث لحظة مروره بمركز الملف (م) نحو اليمين كانت (١٢ × ١٠^-٥) نيوتن نحو الأسفل (ص–) وبالاستعانة بالشكل وبياناته احسب مقدا واتجاه التيار (ت١) .



الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

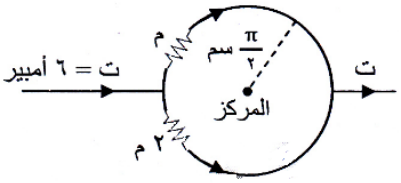
.....

.....

ت١ = ٠,٥ أمبير ، اليمين ، س+

مثال ٩

يُمثّل الشكل المجاور حلقة فلزية دائرية تتكون من لفة واحدة .فإذا علمت أن المقاومة الكهربائية للنصف السفلي من الحلقة يساوي مثلي المقاومة الكهربائية للنصف العلوي منها .



بالاعتماد على الشكل المجاور وبياناته ، احسب :

١) المجال المغناطيسي عند مركز الحلقة .

٢) القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية مقدارها (٣×١٠^{-٦}) كولوم تتحرك بسرعة (٤٠) م/ث نحو الشرق لحظة مرورها بمركز الحلقة . وحدد اتجاهها

الحل :

الغرض من المقاومة هو جعل التيار في الجزء العلوي مختلف عن التيار في الجزء السفلي (توزاي)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

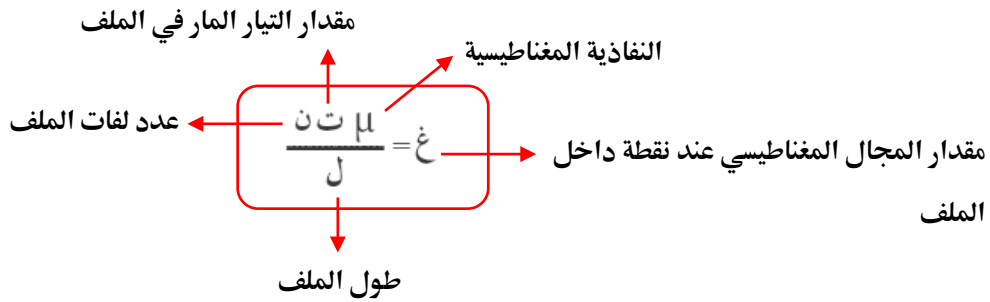
.....

.....

١) ٤×١٠^{-٥} تسلا ، للداخل (ز-) ٢) ٤٨٠×١٠^{-١١} نيوتن للأعلى ، ص+

٣ المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار المار في ملف لولبي

بحسب المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة تقع داخل الملف اللولبي وبعيدا عن طرفيه من العلاقة التالية :



ويمكن كتابة القانون بدلالة عدد اللفات في وحدة الأطول (ن´) حيث ($ن´ = \frac{ن}{ل}$)

$$غ = \mu \, ت \, ن´ \Leftarrow$$

الملف اللولبي

هو عدد ن الحلقات الدائرية المتماثلة في نصف القطر وتقع مراكزها على خط مستقيم يمثل محور الملف .

المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي

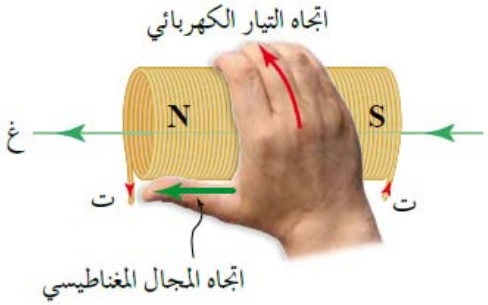
هو ناتج الجمع الاتجاهي للمجالات المغناطيسية الناشئة عن التيار المار في الحلقات الدائرية المكونة له .

شكل المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف اللولبي :

- يشبه المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم ؛ لكنه يتميز عنه بإمكانية التحكم في مقداره واتجاهه عن طريق التحكم في التيار المار فيه .
- داخل الملف اللولبي تكون خطوط المجال المغناطيسي متوازية وبالاتجاه تعد (مجال منتظم) .
- داخل الملف اللولبي بالقرب من طرفيه وخارجه : يكون المجال غير منتظم .

لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي المنتظم داخل الملف اللولبي وبعيدا عن طرفيه نستخدم قاعدة اليد اليمنى :

حيث تشير الأصابع الأربعة إلى اتجاه التيار الكهربائي في الملف ويشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي (القطب الشمالي) .



يعد الطرف الذي تخرج منه خطوط المجال المغناطيسي قطبا شماليا والطرف الذي تدخل فيه قطبا جنوبيا

اذا ادخلنا قلبا من الحديد داخل الملف اللولبي ، هل يزيد المجال المغناطيسي أم يقل ؟

يزداد مقدار المجال المغناطيسي بشكل كبير لأن (μ حديد $> \mu$.)

لماذا نستخدم أسلاك رفيعة ومتراصة في الملف اللولبي ؟

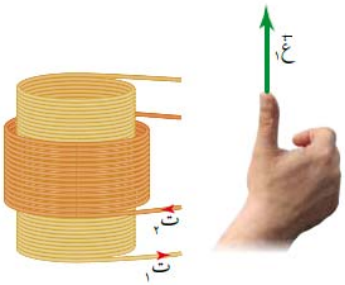
للحصول على مجال مغناطيسي منتظم تماما داخل الملف اللولبي ، فكلما زاد تراص حلقات الملف اللولبي زاد انتظام مجاله .

مثال ١

ملف لولبي طويل عدد لفاته (١٥) لفة لكل (١)سم من طوله ، يمر فيه تيار ($ت_{١}$ = ٨ أمبير) ويحيط به ملف آخر عدد لفاته (٢٠٠٠) لفة وطوله (٢٤)سم ، ويمر فيه تيار ($ت_{٢}$ = ٣ أمبير) باتجاه معاكس لاتجاه التيار في الملف الأول ، اذا علمت أن الملفين متحدين في المحور ، فجد :

١) المجال المغناطيسي المحصل الناشئ في المحور .

٢) التيار المار في الملف الخارجي لكي ينعدم المجال في المحور .



الحل :

$$ن' = \frac{ن_{١}}{ل_{١}} = \frac{١٥}{١\times١٠^{-٢}} = ١٥\times١٠^{٢}$$

١) $غ_{١} = \mu_{.} \, ت_{١} \, ن'_{١} = ٤\pi\times١٠^{-٧} \times ٨\times١٥\times١٠^{٢} = ٤٨\pi\times١٠^{-٤}$ تسلا ، ص+

$$غ_{٢} = \frac{\mu_{.} \, ت_{٢} \, ن_{٢}}{ل_{٢}} = \frac{٤\pi\times١٠^{-٧} \times ٣\times٢٠٠٠}{٢\times١٠^{-٢}} = ١٠٠\pi\times١٠^{-٤}$$ تسلا ، ص-

$غ_{محصلة} = غ_{٢} - غ_{١} = (٤٨\pi - ١٠٠\pi)\times١٠^{-٤} = ٥٢\pi\times١٠^{-٤}$ تسلا ، ص-

٢) لكي ينعدم المجال المغناطيسي في الحور ، يجب أن يتساوى المجالان في المقدار ويتعاكسا في الاتجاه ، وبما أن اتجاهيهما متعاكسان ، فإن :

$$غ_{١} = غ_{٢}$$

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

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

$$ت_{٢} = ١,٤٤ \text{ أمبير}$$

مثال ٢

هل تتغير قيمة المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي عند الانتقال من منتصف محور الملف اللولبي نحو طرفيه ؟ فسر اجابتك .

الحل :

نعم يتغير ، حيث يقل المجال المغناطيسي اذا اقتربنا من طرفي الملف ، وذلك بسبب تباعد خطوط المجال عند طرفي الملف اللولبي .

مثال ٣

ثلاثة ملفات لولبية ، طول الأول (ل) وعدد لفاته (ن) وطول الثاني (٢ل) وعدد لفاته (ن) وطول الثالث (٠,٥ل) وعدد لفاته (٢ن) يمر في كل منها التيار الكهربائي نفسه ، رتب هذه الملفات تنازليا وفق المجال المغناطيسي المتولد في محور كل منها .

الحل :

الملف الأول :	الملف الثاني :	الملف الثالث :
$ل_{١} = ل$	$ل_{٢} = ٢ل$	$ل_{٣} = ٠,٥ ل$
$ن_{١} = ن$	$ن_{٢} = ن$	$ن_{٣} = ٢ن$
$ت_{١} = ت$	$ت_{٢} = ت$	$ت_{٣} = ت$

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

$$غ_{٢} = \frac{\mu_{.} ت ن_{٢}}{ل_{٢}} = \frac{\mu_{.} ت ن}{٢ل} = \frac{١}{٢} غ$$

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

$$\therefore \quad غ_{٣} > غ_{١} > غ_{٢}$$

مثال ٣

كيف سيتأثر المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة تقع على محور الملف اللولبي وبعيدا عن طرفيه في الحالات الآتية :

١) زيادة قطر كل لفة إلى ضعفي ما كان عليه

٢) تغير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديدا

٣) مضاعفة طول الملف اللولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضا

الحل :

١) زيادة قطر اللفة لن يؤثر على المجال المغناطيسي لأنه ليس من العوامل المؤثرة فيه .

٢) سيزداد مقدار المجال المغناطيسي ، لأن (μ حديد $> \mu_{.}$) والعلاقة بين مقدار المجال المغناطيسي والنفاذية المغناطيسية علاقة طردية .

٣) لا يتغير مقدار المجال ، لأن مضاعفة الطول مرتين تعني نقصان المجال للنصف ، وزيادة عدد اللفات لضعفين تعني زيادة المجال مرتين ، فتكون النتيجة ثبات المجال .

$$غ = \frac{\mu_{.} \, ت \, ن}{ل}$$

$$غ' = \frac{\mu_{.} \, ت \, ن'}{ل'} = \frac{\mu_{.} \, ت \, ن}{ل} = غ \quad \therefore (غ' = غ) \text{ لا يتغير المجال}$$

مثال ٥

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

الحل :

$ل = ٣١٤ \times ١٠^{-٣}$ م / $غ = ٦$ تسلا / $ت = ٧٥$ أمبير / $ن = ؟؟؟$

$$غ = \frac{\mu_{.} \, ت \, ن}{ل} \Leftarrow ٦ = \frac{ن \times ٧٥ \times \pi ٤ \times ١٠^{-٧}}{٣١٤ \times ١٠^{-٣}}$$

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

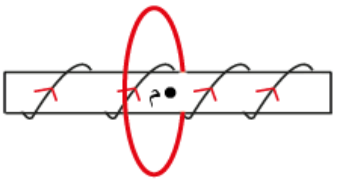
$\pi = \frac{٢٢}{٧} = ٣,١٤$

$$= \frac{٦ \times ٣١٤}{٣,١٤ \times ٣٠٠ \times ١٠^{-٤}} = ٢ \times ١٠^{٤} \text{ لفة}$$

مثال ٦

ملف لولبي عدد لفاته (٢٥) لفة لكل (١)سم من طوله يمر فيه تيار (١) أمبير ، لف حول وسطه ملف آخر دائري مركزه (م) ينطبق على محور الملف اللولبي ، فإذا علمت أن عدد لفات الملف الدائري (٤٠) لفة ونصف قطره (π٢)سم ، وتياره (٢) أمبير بنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي ،

احسب المجال المغناطيسي عند (م) مقدارا واتجاها .



الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٣٩٤×١٠^{-٥} تسلا ، اليسار س-

مثال ٧ وزاري ٢٠١١

ملف لولبي طوله (٦) سم يحتوي على (٦٠٠) لفة موضوع في الهواء ويسري فيه تيار كهربائي (٨) أمبير ، أجب عما يأتي:

١) ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة داخل الملف وتقع على محوره ؟

٢) ماذا يحدث لحركة إلكترون (بإهمال وزنه) عندما يقذف داخل الملف منطبقًا على المحور ؟ ولماذا؟

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

١) $\pi ٣٢ \times ١٠^{-٣}$ تسلا

مثال ٨

ملف لولبي طوله (٠,٢ π)سم ، وعدد لفاته (٤٠) لفة يحمل تيار كهربائي (٢) أمبير ، احسب :

١) المجال المغناطيسي داخل الملف وعلى امتداد محوره .

٢) اذا وضع سلك مستقيم طوله (١٠)سم داخل الملف ومنطبقا على محوره ويمر فيه تيار (٤) أمبير ، احسب القوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك من مجال الملف

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

١) ١٦×١٠^{-٥} تسلا ٢) صفر

مثال ٩

ملف دائري نصف قطره (نق) وعدد لفاته (ن) ويمر تيار كهربائي (ت) ، سحب من طرفيه باتجاه عمودي على سطحه بحيث أصبح ملفًا لولبيًا ، احسب طول الملف اللولبي بدلالة (نق) اللازم لجعل المجال المغناطيسي على محوره بعيدًا عن الأطراف مساويًا نصف المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

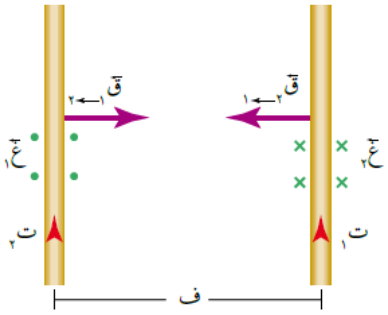
.....

.....

ل = ٤ نق

القوة المغناطيسية المتبادلة بين موصلين مستقيمين متوازيين يمر فيهما تياران متحركان

كل سلك يسري فيه تيار ينشأ منه مجال مغناطيسي يؤثر على السلك الآخر بقوة مغناطيسية



وحسب قانون نيوتن الثالث :

$$\vec{ق}_{١←٢} = -\vec{ق}_{٢←١}$$

ومقدار هذه القوة يمكن ايجاده من العلاقة :

$$ق_{١←٢} = ت_{٢} \, ل_{٢} \, غ_{١} \, جاف \qquad ...(١)$$

ويمكن ايجاد ($غ_{١}$) من العلاقة :

$$غ_{١} = \frac{\mu_{٠} ت_{١}}{ف \pi ٢} \qquad ...(٢)$$ وبتعويض (٢) في (١)

$$ق_{١←٢} = \frac{\mu_{٠} ت_{١} ت_{٢} ل_{٢}}{ف \pi ٢}$$

ويتم تحديد اتجاه القوة من قاعدة اليد اليمنى :

$\vec{غ}$: باتجاه الأصابع الأربعة .

$\vec{ت}$: باتجاه الإبهام .

ق : خارجة من راحة اليد اليمنى

ويمكن حساب القوة لكل وحدة طول من السلك من العلاقة :

$$\frac{ق_{متبادلة}}{ل} = \frac{\mu_{٠} ت_{١} ت_{٢}}{ف \pi ٢}$$

يشترط أن يكون الموصلين متوازيين والتياران فيهما إما بالاتجاه نفسه أو متعاكسين .

ملاحظات

١) اذا كان التياران في نفس الاتجاه يتجاذبان .

٢) اذا كان التياران متعاكسان يتنافران .

٣) من التطبيقات العملية على القوة المتبادلة بين سلكين ميزان أمبير لقياس التيارات بدقة .

اذكر العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المتبادلة بين موصلين طويلين مستقيمين متوازيين يمر فيهما تيار كهربائي ؟

١) مقدار كل من التيارين (طرديا) .

٢) المسافة بين السلكين (عكسيا) .

٣) النفاذية المغناطيسية للوسط الفاصل بينهما (طرديا) .

ما الشرط اللازم لتطبيق علاقة القوة المغناطيسية المتبادلة بين موصلين مستقيمين طويلين يمر فيهما تيار كهربائي ؟

أن يكون الموصلان متوازيان أي أن يكون التياران في نفس الاتجاه أو متعاكسين .

في الشكل المجاور ثلاثة موصلات مستقيمة متوازية في مستوى واحد تحمل تيارات متساوية والمسافات بينها متماثلة ، رتب الموصلات الثلاثة تصاعديا وفق القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في كل منها .

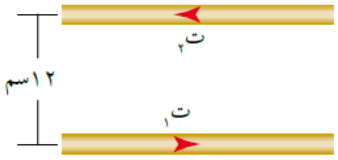
القوة المتبادلة بين كل من (ت١ و ت٢) و (ت٢ و ت٣) متساوية وتساوي (ق)

القوة المتبادلة بين (ت١ و ت٣) تساوي (½ق) لأن المسافة بينهما ضعف المسافة بين (ت١ و ت٢)

∴ ق١ = ق + ½ق = ١,٥ ق (+س) / ق٢ = ق + ق = ٢ق (−س) / ق٣ = ق − ½ق = ½ ق (+س)

∴ الترتيب : الموصل (٣) ، الموصل (١) ، الموصل (٢)

مثال ١



موصلان مستقيمان متوازيان ، يمر في الأول تيار (٤) أمبير باتجاه السينات الموجب ويمر في الثاني تيار (٦) أمبير باتجاه السينات السالب ، جد ما يلي :

١) القوة المتبادلة بين الموصلين لوحدة الأطوال .

٢) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها الموصل الأول في جزء طوله (٢)سم من الموصل الثاني .

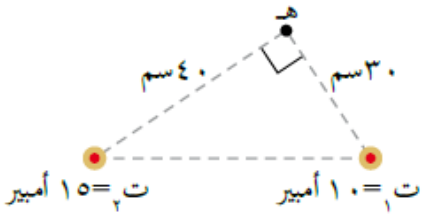
الحل :

١) $\frac{\text{ق متبادلة}}{\text{ل}} = \frac{\mu_{\cdot} \, \text{ت}_1 \, \text{ت}_2}{2\pi \, \text{ف}} = \frac{٦ \times ٤ \times ١٠ \times \pi ٤^{-٧}}{١٢ \times ١٠ \times \pi ٢} = ١٠ \times ٤^{-٥}$ نيوتن / م ، قوة تناظر

٢) $\text{ق}_{١ \leftarrow ٢} = \frac{\mu_{\cdot} \, \text{ت}_1 \, \text{ت}_2 \, \text{ل}_2}{2\pi \, \text{ف}} = \frac{٦ \times ٤ \times ١٠ \times \pi ٤^{-٧} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{١٢ \times ١٠ \times \pi ٢} = ١٠ \times ٨^{-٧}$ نيوتن ، نحو (+ص)

مثال ٢

موصلان مستقيمان طويلان متوازيان يمر في الأول تيار (١٠) أمبير (ز+) ، ويمر في الثاني تيار (١٥) أمبير (ز+) ، جد ما يلي :



١) موقع النقطة أو النقاط التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي .

٢) المجال المغناطيسي المحصل (هـ) .

٣) القوة المتبادلة بين السلكين لوحدة الأطوال

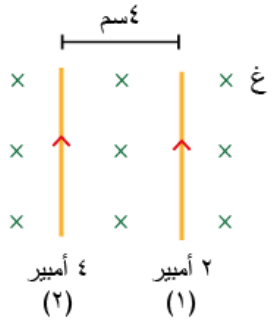
الحل :

الفرع (١) و (٢) تم حله مسبقا

٣) $\frac{\text{ق متبادلة}}{\text{ل}} = \frac{\mu_{\cdot} \, \text{ت}_1 \, \text{ت}_2}{2\pi \, \text{ف}} = \frac{١٥ \times ١٠ \times \pi ٤^{-٧} \times ١٠}{٥٠ \times ١٠ \times \pi ٢^{-٢}} =$

مثال ٣

يمثل الشكل المجاور سلكان مغموران في مجال مغناطيسي مقداره (٢×١٠^{-٥}) تسلا ، اذا علمت أن السلكان متوازيان ويحمل كل منهما تيار ، جد القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في السلك الأول لكل وحدة اطوال .



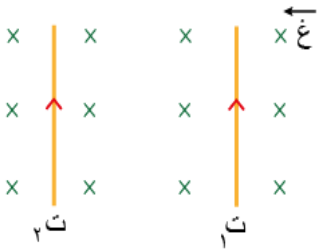
الحل :

$\frac{\text{ق}_1}{\text{ل}} = \text{ت}_1 \, \text{غ}_{\text{ع}} \, \text{جا}\theta = ٢ \times ٢ \times ١٠^{-٥} \times \text{جا}٩٠ = ١٠ \times ٤^{-٥}$ نيوتن / م ، غربا

$\frac{\text{ق}_1}{\text{ل}} = \frac{\mu_{\cdot} \, \text{ت}_1 \, \text{ت}_2}{2\pi \, \text{ف}} = \frac{٤ \times ٢ \times ١٠ \times \pi ٤^{-٧}}{٤ \times ١٠ \times \pi ٢^{-٢}} = ١٠ \times ٤^{-٥}$ نيوتن / م تجاذب ، غربا

$\frac{\text{ق}_1}{\text{ل}}$ محصلة $= ١٠ \times ٤^{-٥} + ١٠ \times ٤^{-٥} = ١٠ \times ٨^{-٥}$ نيوتن / م ، غربا

مثال ٤



سلكان يحمل كل منهما تيار مغموران في مجال مغناطيسي مقداره (٢×١٠^{-٥}) تسلا اتزن السلكان عندما كان البعد بينهما (٢٠)سم ، جد مقدار واتجاه التيار المار في كل منهما ، بإهمال كتلتهما .

الحل :

$\sum$ ق$_{١}$ = ٠

ق$_{غ}$ = ق المتبادلة

$$ت_{٢}\, ل\, غ\, جا\theta = \frac{\mu . ت_{١} ت_{٢} ل}{ف\, \pi ٢}$$

$$غ = \frac{\mu . ت_{٢}}{ف\, \pi ٢}$$

$$٤ \times ١٠^{-٥} = \frac{\pi ٤ \times ١٠^{-٧} \times ت_{٢}}{١٠^{-٢} \times ٢٠ \times \pi ٢}$$

$\Leftarrow$ ت$_{٢}$ = ٤٠ أمبير

$\sum$ ق$_{٢}$ = ٠

ق$_{غ}$ = ق المتبادلة

$$ت_{٢}\, ل\, غ\, جا\theta = \frac{\mu . ت_{١} ت_{٢} ل}{ف\, \pi ٢}$$

$$غ = \frac{\mu . ت_{١}}{ف\, \pi ٢}$$

$$٤ \times ١٠^{-٥} = \frac{\pi ٤ \times ١٠^{-٧} \times ت_{١}}{١٠^{-٢} \times ٢٠ \times \pi ٢}$$

$\Leftarrow$ ت$_{١}$ = ٤٠ أمبير

التيار في السلك الأول للأسفل والتيار في السلك الثاني للأعلى

مثال ٥ وزاري ٢٠٠٨

تستخدم العلاقة ($ق = \frac{\mu . ت_{١} ت_{٢} ل}{ف\, \pi ٢}$) لحساب القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين يمر بهما تيار كهربائي ، جد :

١) ما الزاوية الواجب توافرها بين امتداد السلكين لتطبيق هذه العلاقة ؟

٢) اذا كان (ل) لانهائي الطول ، فما وحدة قياس القوة المؤثرة على وحدة الطوال من السلك .

٣) كيف يمكن الحصول على قوة تنافر بين السلكين .

٤) ما اسم الجهاز الذي يعتبر تطبيقا على القوة المتبادلة بين السلكين .

الحل :

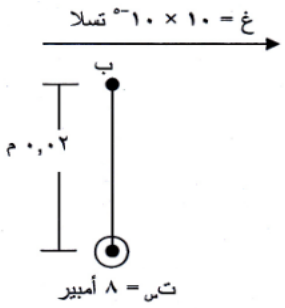
١) صفر ، يجب أن يكون السلكين متوازيين

٢) نيوتن / م

٣) اذا كان تيارا السلكين باتجاهين متعاكسين .

٤) ميزان أمبير

مثال ٦ وزاري ٢٠٠٨



(س) سلك طويل مستقيم لانهائي الطول يحمل تيار كهربائي (٨) أمبير ، خارج من الصفحة ، ومغمور كليا في مجال مغناطيسي (١٠ × ١٠^-٥) تسلا كما في الشكل ، احسب :

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

٢) محصلة المجال عند (ب) .

٣) وزن جسيم شحنته (٤ × ١٠^-٩) كولوم لحظة مروره من (ب) محافظا على اتجاه حركته بسرعة (١٠^٧) م/ث وباتجاه عمودي على الصفحة للأعلى .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

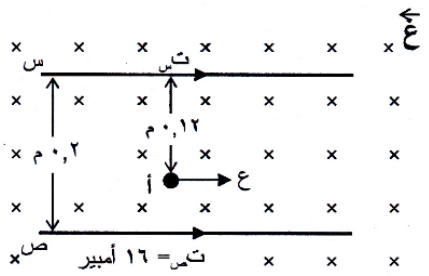
.....

.....

١) ٨ × ١٠^-٤ نيوتن / م ٢) ٢ × ١٠^-٥ تسلا ، س+ ٣) ٨ × ١٠^-٧ نيوتن

مثال ٧ وزاري ٢٠٠٩

يمثّل الشكل المجاور سلكين مستقيمين معزولين متوازيين لا نهائيين في الطول ، ومغمورين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢×١٠^{-٥}) تسلا ، يسري في كل منهما تيار كهربائي ، فإذا علمت أن المجال المغناطيسي المؤثر في النقطة (أ) والناجم عن السلك (س) يساوي (٢×١٠^{-٥}) تسلا ، مستعينًا بالقيم المثبتة على الشكل احسب:



١) المجال المغناطيس الكلي عند النقطة (أ) .

٢) التيار الكهربائي المار في السلك (س) .

٣) القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك نحو الشرق بسرعة ($١٠^{٠}$) م/ث لحظة مروره بالنقطة (أ) .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

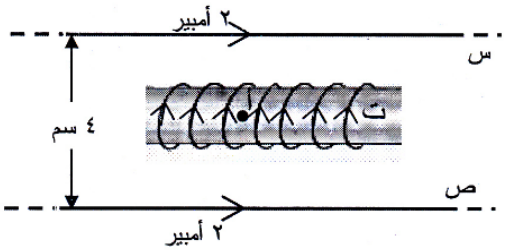
.....

.....

١) صفر	٢) ١٢ أمبير	٣) صفر

مثال ٨ وزاري ٢٠١٠

سلكان متوازيان لا نهائيان في الطول يقعان في مستوى واحد ويحمل كل منهما تيار مقداره (٢) أمبير ، وضع في منتصف المسافة بينهما وبشكل موازٍ لهما ملف لولبي طوله ($\pi \times ١٠^{-٢}$) م ، وعدد لفاته (١٠٠) لفة كما في الشكل.



فإذا كان المجال المحصل عند النقطة (أ) الواقعة على محور الملف يساوي (١٦×١٠^{-٣}) تسلا ، احسب :

١) القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (س)

٢) التيار الملف (ت)

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

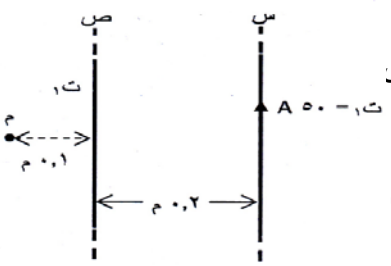
.....

.....

.....

١) ٢×١٠^{-٥} نيوتن / م ٢) ت = ٤ أمبير

مثال ٩ وزاري ٢٠١٤



في الشكل المجاور سلكان مستقيمان (س ، ص) لا نهائيان في الطول في مستوى الورقة . معتمدًا على البيانات المثبتة على الرسم . احسب :

١) مقدار التيار في السلك (ص) وحدّد اتجاهه حتى ينعدم المجال عند النقطة (م)

٢) القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (س) وحدّد اتجاهها

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

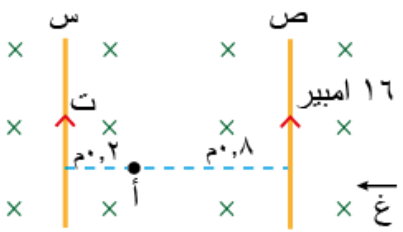
.....

.....

.....

١) $ت_٢ = \frac{٥٠}{٣}$ أمبير ، ص- ٢) $\frac{٢٥٠}{٣} \times ١٠^{-٥}$ نيوتن / م ، س+

مثال ١٠ وزاري ٢٠١٥



(س، ص) سلكان مستقيمان لا نهائيي الطول ومتوازيان مغموران في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢×١٠^-٥) تسلا ، يسري في كل منهما تيار كهربائي كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) والناتج عن السلك (س) يساوي (٢×١٠^-٥) تسلا . معتمدا على الشكل وبياناته احسب كل ممّا يأتي :

١) التيار الكهربائي المار في السلك (س).

٢) المجال المغناطيسي الكلّي عند النقطة (أ) .

٣) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على وحدة الأطول من السلك (ص).

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

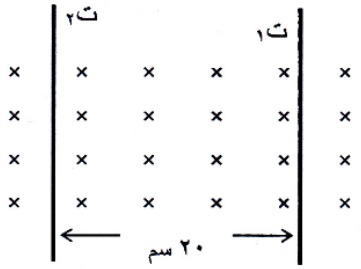
.....

١) ت_س = ٢٠ أمبير ٢) ٣,٦×١٠^-٥ تسلا ، س+ ٣) ٣٨٤٠×١٠^-٧ نيوتن / م

مثال ١١ وزاري ٢٠١١

سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيان في الطول يحملان تياران كهربائيين ($ت_١$ ، $ت_٢$)

مغموران في مجال مغناطيسي ($٤ \times ٠ ١^{-٥}$) تسلا كما في الشكل اتزن السلكان (بإهمال وزنيهما) عندما كان البعد بينهما (٢٠) سم



١) احسب مقدار كل من التيارين ($ت_١$ ، $ت_٢$)

٢) حدد اتجاه التيار في كل سلك.

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

١) $ت_١ = ٤٠$ أمبير ، $ت_٢ = ٤٠$ أمبير ٢) $ت_١$: للأعلى ، $ت_٢$: للأسفل

المواد المغناطيسية

أصل الخصائص المغناطيسية للمادة يكمن في بنائها الذري :

- لأن المادة تتكون من ذرات وتدوير الإلكترونات حول النواة فيها .
- وهذه الحركة للإلكترونات بمثابة تيار كهربائي .
- والتيار أحد مصادر المجال المغناطيسي . لذلك كل إلكترون يولد حوله مجالا مغناطيسيا ذاتيا
- اذا كانت هذه المجالات للإلكترونات باتجاه واحد ينشأ لها مجال مغناطيسي دائم .
- أما اذا كانت هذه المجالات في صورة ازدواج متعاكسة يكون محصلتها صفر .
- ما الذي يحدد خصائص المادة المغناطيسية وسلوكها عند وضعها في مجال مغناطيسي خارجي ؟

محصلة المجالات المغناطيسية الذرية في قطعة من المادة .

تصنف المواد حسب الخصائص المغناطيسية والسلوك المغناطيسي لها إلى ثلاثة أصناف رئيسية :

١) مواد دايامغناطيسية .

٢) مواد يارامغناطيسية .

٣) مواد فرومغناطيسية .

١ مواد دايامغناطيسية

- ليس لها أثر مغناطيسي .
- عند تعرضها إلى مجال مغناطيسي خارجي تكون استجابتها ضعيفة .
- تتمغنط بعكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر ، حيث تتنافر مع المغناطيس عند تقريبه منها .
- أمثلة : البزموث ، الماء ، الفضة ، المواد فائقة الموصلية .

٢ مواد البارامغناطيسية

- محصلة المجالات المغناطيسية الذرية الناتجة عنها يساوي صفر .
- عند تعرضها إلى مجال مغناطيسي خارجي تكون استجابتها ضعيفة .
- تتمغنط باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر ، حيث تتجاذب مع المغناطيس عند تقريبه منها .
- أمثلة : الألمنيوم ، الأكسجين السائل ، الصوديوم .

٣ مواد الفرومغناطيسية

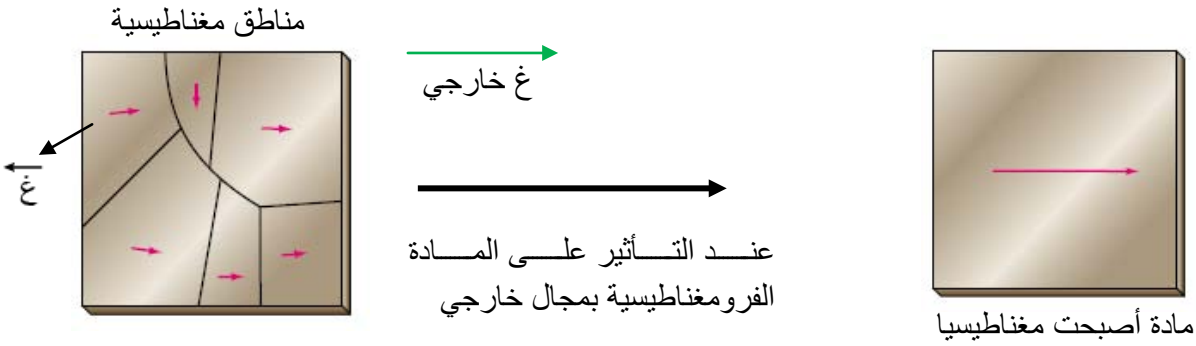
- مغانطها الذرية تتفاعل مع بعضها بشكل قوي .
- وتترتب تلقائيا حتى بغياب المجال المغناطيسي الخارجي .

المناطق المغناطيسية

هي المناطق التي تتكون من مجموعة المغانط الذرية المرتبة باتجاه واحد .

عند التأثير عليها بمجال مغناطيسي خارجي فإن المناطق المغناطيسية التي لها نفس اتجاه المجال الخارجي تكبر وتزداد على حساب المناطق الأخرى فتصبح مغناطيسي له قطبان .

اذاً استجابتها كبيرة للتمغنط : الحديد ، النيكل ، الكوبالت



فسر : لا يمكن فصل قطبي المغناطيس الشمالي والجنوبي عن بعضها ؟

بسبب اعادة ترتيب المغانط الذرية من ديد بحيث تكبر المناطق المغناطيسية ذات الاتجاه الواحد .