الفصل الخامس

المجال المغناطيسي

المجال المغناطيســـــي (غ)

- **خط المجال المغناطيسي** : هو المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (**إفتراضي**) عند وضعه حراً في أي نقطة داخل مجال مغناطيسي .

- يدل اتجاه المماس عند نقطة على خط المجال المغناطيسي على اتجاه المجال في تلك النقطة ، كما أن **خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع** .

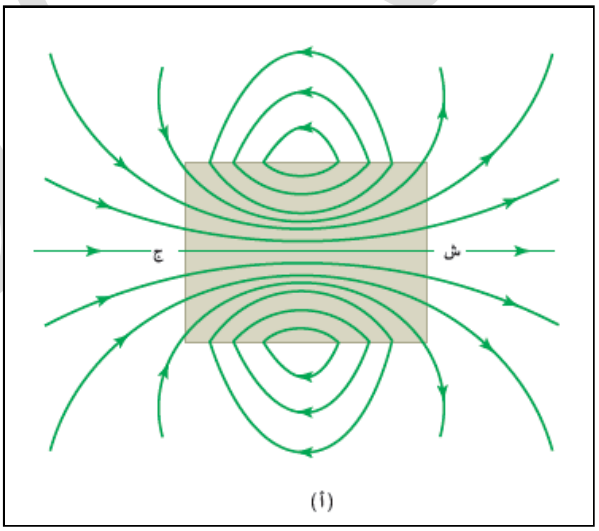
- خطوط المجال المغناطيسي **خطوط مقفلة** تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي خارج المغناطيس وتكمل دورتها من القطب الجنوبي إلى الشمالي داخل المغناطيس ، **وذلك لعدم وجود قطب مغناطيسي مفرد** . أنظر الشكل .

- يُعبر عن مقدار المجال المغناطيسي في منطقة ما بكثافة خطوط المجال المغناطيسي في تلك المنطقة .

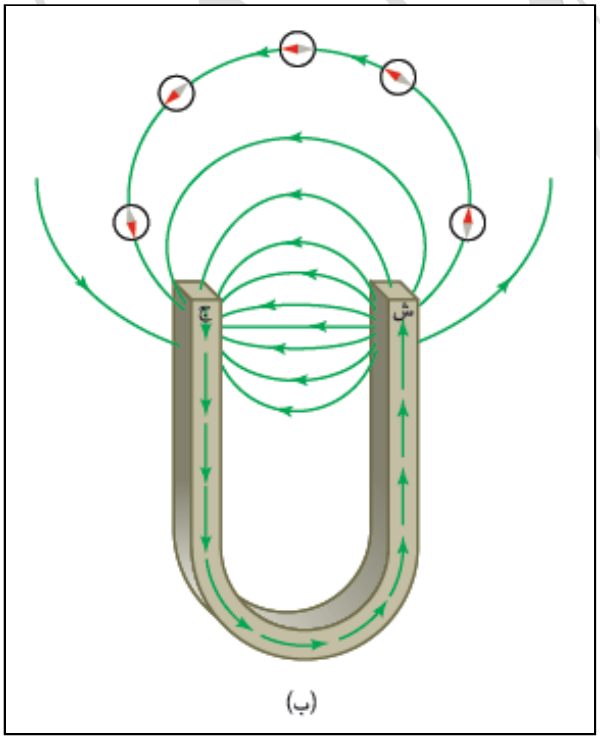
- **انواع المجال المغناطيسي :**

١) **مجال مغناطيسي منتظم** : هو المجال المغناطيسي الثابت المقدار والاتجاه عند جميع النقاط .

٢) **مجال مغناطيسي غير منتظم** : ليس له مقدار أو اتجاه ثابتين .



(أ)

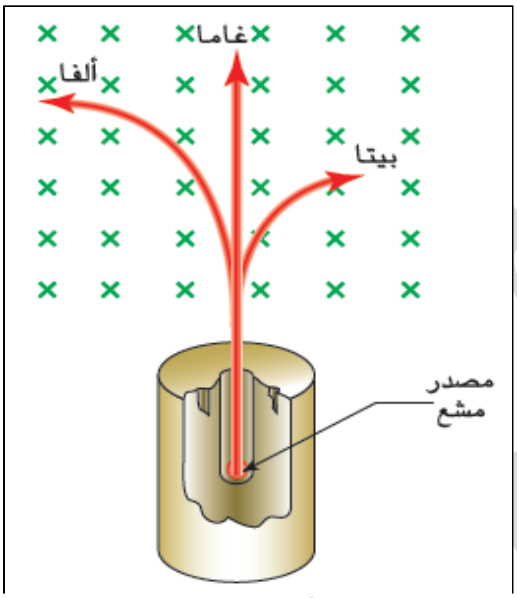


(ب)

- **حل الاسئلة صفحة (١٢٥) الكتاب .**

القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة نقطية متحركة في مجال مغناطيسي منتظم

كلما سقطت بشدة أكبر ...
ارتددت مسافة أعلى ...



الشكل (٣-٢): تأثير المجال المغناطيسي في كل من أشعة ألفا وبيتا وغاما.

- في الشكل المجاور نلاحظ انحراف أشعة ألفا **الموجبـــة** وبيتا **السالبة** عن المسار المستقيم ، في حين لا تتأثر أشعة غاما المتعادلة بالمجال العمودي على حركتها ، (المجال بعيداً عن الناظر) مما يدل على وجود قوة مصدرها المجال المغناطيسي **تؤثر في الشحنات المتحركة** فيه .

- دلت التجارب على أنه يوجد قوة مغناطيسية تؤثر على الشحنات الكهربائية المتحركة **بإتجاه لا يوازي خطوطه** . وتعطى هذه القوة بالعلاقة التالية:

ق = ش ع x غ ← ق = ش ع غ جا θ

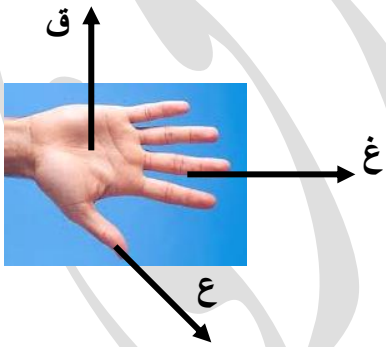
ق : القوة المغناطيسية المؤثرة على **الجسيم المشحون المتحرك** . (نيوتن)

ش : شحنة الجسيم . (كولوم)

ع : سرعة الجسيم المشحون . (م/ث)

غ : مقدار المجال المغناطيسي . (تسلا)

θ : الزاوية المحصورة بين إتجاه حركة الجسيم (ع) وإتجاه المجال



- **اتجاه (ق)** : يكون دائماً **عامودياً** على المستوى الذي يحوي كلاً من (ع) و (غ) ، مهما كانت الزاوية المحصورة بين (ع) و (غ) ، كما في الشكل المجاور .

- يُحدد اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليـد اليمنى **للشحـنة الـموجبة** على النحو التالي :
(ابسط اليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه السرعة (ع) وتشير بقية الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي (غ) ، فيكون اتجاه القوة المغناطيسيـة (ق) عامودياً على راحة اليد إلى الخارج) .

- **المجال المغناطيسي عند نقطة** : مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بسرعة (١ م / ث) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي عند تلك النقطة .

* **ملاحظة ١:**

جميع **المتجهات** العامودية على سطح الورقة ترسم على شكل إشارة (×) إذا كان اتجاهها **داخلاً في الورقة (بعيداً عن الناظر)** ، وعلى شكل إشارة (•) إذا كان اتجاهها **خارجاً من الورقة (نحو الناظر)** .

* **ملاحظة ٢:**

لا تتأثر الشحنة بأي قوة مغناطيسية إذا وضعت داخل **مجال مغناطيسي** بحالتين هما :

أ- إذا كانت الشحنة ساكنة (ع = صفر).

ب- إذا كانت تتحرك باتجاه يوازي خطوط المجال .

(θ = صفر) أو (θ = ١٨٠°) ⟸ جا صفر = جا ١٨٠° = صفر .

* **ملاحظة ٣:**

إذا كانت **الشحنة سالبة** يكون اتجاه القوة المؤثرة عليها عكس إتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الموجبة .

* يقاس المجال المغناطيسي بوحدة **تسلا** وتعرف بأنها :

(المجال المغناطيسي الذي يؤثر بقوة مقدارها ١ نيوتن في شحنة مقدارها ١ كولوم ، تتحرك بسرعة ١م/ث بإتجاه يتعامد مع اتجاه المجال المغناطيسي) .

- **سؤال : ما المقصود بقولنا أن شدة المجال المغناطيسي تساوي (٣) تسلا ؟**

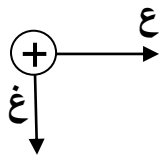
الحل : أي أن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة مقدارها (٣) نيوتن في شحنة مقدارها (١) كولوم تتحرك بسرعة (١) م/ث باتجاه **يتعامد** مع اتجاه المجال المغناطيسي .

سؤال: يتحرك بروتون بسرعة مقدارها ٥ X ١٠^٦ م / ث داخل مجال مغناطيسي مقداره ١٠ تسلا بحيث تؤثر عليه قوة مغناطيسية مقدارها ٥٦ X ١٠^-١٣ نيوتن ، احسب مقدار الزاوية المحصورة بين اتجاه سرعة البروتون والمجال المغناطيسي ؟

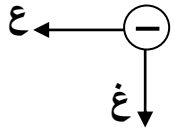
الحل :

سؤال : حدد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات التالية عند تعرضها لمجال مغناطيسي (غ) :

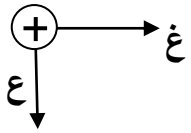
١)



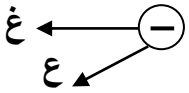
٢)



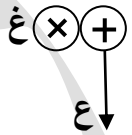
٣)



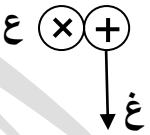
٤)



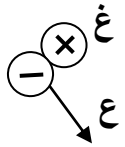
٥)



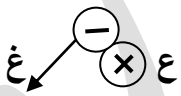
٦)



٧)

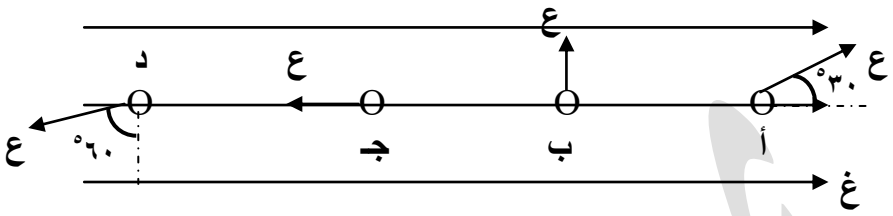


٨)



مثال : جسيم شحنته (+٨,٤) ميكروكولوم يتحرك بسرعة ٤٥ م/ث في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٣) تسلا باتجاه محور السينات الموجب ، احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة في الحالات (أ ، ب ، جـ ، د) المبينة في الشكل المجاور ؟

الحل:



- ق أ = ش ع غ جا θ ، θ = ٣٠° .
  = ٨,٤ X ١٠^-٦ X ٤٥ X ٠,٣ X ٠,٥
  = ٥٦,٧ X ١٠^-٦ نيوتن ، للداخل .

- ق ب = ش ع غ جا θ ، θ = ٩٠° .
  = ٨,٤ X ١٠^-٦ X ٤٥ X ٠,٣ X ١
  = ١١٣,٤ X ١٠^-٦ نيوتن ، للداخل .

- ق جـ = ش ع غ جا θ ، θ = ١٨٠° .
  = ٨,٤ X ١٠^-٦ X ٤٥ X ٠,٣ X صفر
  = صفر .

- ق د = ش ع غ جا θ ، θ = ١٥٠° .
  = ٨,٤ X ١٠^-٦ X ٤٥ X ٠,٣ X ٠,٥
  = ٥٦,٧ X ١٠^-٦ نيوتن ، للخارج .

- حل الاسئلة صفحة (١٢٩) الكتاب .

(مهم) سؤال : قارن بين القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون ؟

الحل :

القوة الكهربائية	القوة المغناطيسية
تغير مقدار واتجاه سرعة الجسيم	تغير اتجاه سرعة الجسيم فقط
تبذل شغلاً على الجسيم	لا تبذل شغلاً على الجسيم
تؤثر على الجسيمات الساكنة والمتحركة	تؤثر على الجسيمات المتحركة فقط (لا تؤثر على الجسيمات الساكنة)

سؤال : إذا تعرضت شحنة *ساكنة* لمجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي معاً فإنها ستتأثر :

١- بقوة كهربائية فقط .
٢- بقوة مغناطيسية فقط .
٣- بالقوتين معاً .
٤- لا تتأثر بأي قوة .

سؤال : إذا تعرضت شحنة *ساكنة* لمجالين متوازيين كهربائي ومغناطيسي معاً فإنها ستتأثر :

١- بقوة كهربائية فقط .
٢- بقوة مغناطيسية فقط .
٣- بالقوتين معاً .
٤- لا تتأثر بأي قوة .

*** مهم :**

- **قاعدة اليد اليمنى (منبسطة)** — — — ◄ **تستخدم لإيجاد اتجاه القوة المغناطيسية الناتجة عن :**
  ١) شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي .
  ٢) تيار يسري في سلك مستقيم يوجد داخل مجال مغناطيسي .

- **قاعدة قبضة اليد اليمنى** — — — ◄ **تستخدم لإيجاد اتجاه المجال المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي يسري في موصل بفرعيه :**
  ١) سلك مستقيم .
  ٢) ملف (دائري ولولبي) .

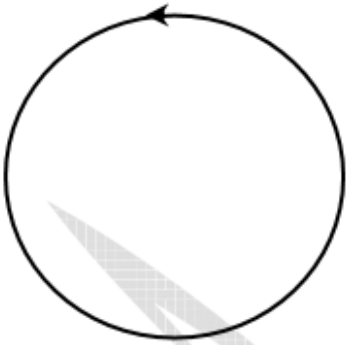
**** مهم مهم مهم

- جميع الاجسام التي تتحرك حركة دائرية منتظمة يكون اتجاهها احدى حالتين :

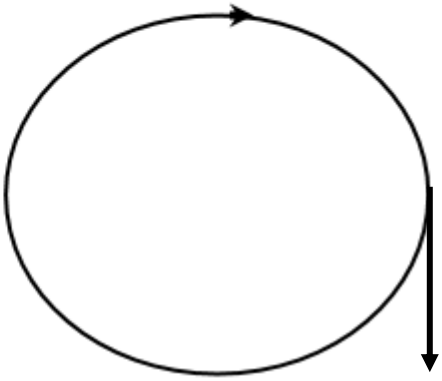
١) الاتجاه العام للحركة :

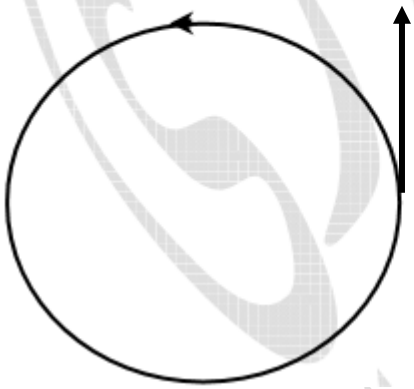
* مع عقارب الساعة .

* عكس عقارب الساعة .

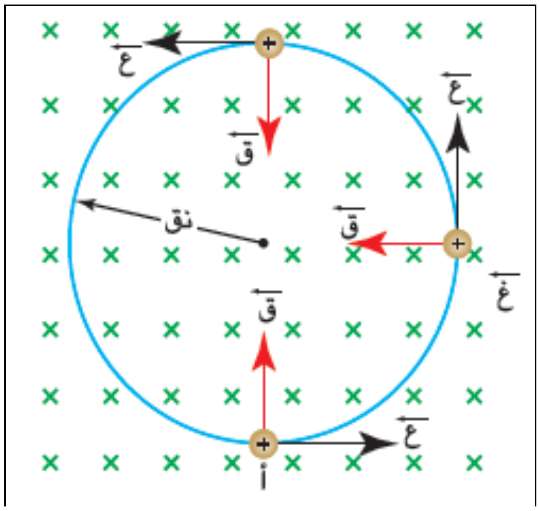


٢) الاتجاه في نقطة : نأخذ اتجاه المماس في النقطة المراد تحديد الاتجاه عندها .





حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم



- من الشكل المجاور نجد أن القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنة (ش) تعامد دوماً اتجاه السرعة ، فيكتسب الجسيم المشحون تسارعاً ثابت المقدار وعامودياً دائماً على السرعـــة وبذلك يسلك الجسيم المشحون مساراً دائرياً عند دخوله المجال المغناطيسي دون تغيير في مقدار سرعة الجسيم ، **وهذه القوة هي قوة مركزية تؤثر على الجسيم وهي هنا القوة المغناطيسية وهي كما يلي :**

$$ق_{المغناطيسية} = ق_{المركزية} = ك \times ت_{مركزي}$$

$$ش ع غ = \frac{ك ع^{٢}}{نق}$$

$$نق = \frac{ك ع}{ش غ}$$

$$ت_{مركزي} = \frac{ع^{٢}}{نق}$$

*** اتجاه كل من القوة والتسارع يكون دائماً نحو المركز .**

* **نق** : نصف قطر المسار الدائري للجسيم المشحون المتحرك داخل مجال مغناطيسي .

* يعتمد نصف قطر المسار الدائري للجسيم المشحون المتحرك داخل مجال مغناطيسي على العوامل التالية :

١- كتلة الجسيم المشـــحون (ك)
٢- سرعة الجسيم المشحون (ع)
} **تناسب طردي مع نق .**

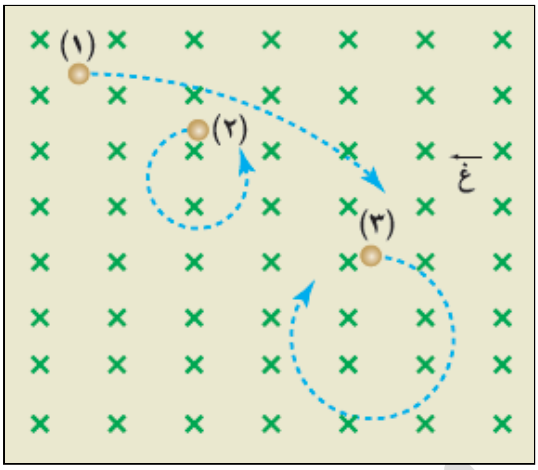
٣- شحنة الجســـــــــيم (ش)
٤- مقدار المجال المغناطيسي (غ)
} **تناسب عكسي مع نق .**

علل : الشغل المبذول من قبل المجال المغناطيسي على جسيم مشحون يتحرك داخله يساوي (صفر) لأي ازاحة يقطعها الجسيم ؟

لأن اتجاه القوة المغناطيسية يكون دائماً عامودي على اتجاه الازاحة التي يحققها الجسيم المشحون المتحرك في المجال المغناطيسي .

- **مقدار سرعة الجسيم المشحون ثابت أما الاتجاه متغير ، (الشغل = Δ طح = صفر) .**
- لذا يستخدم **المجال المغناطيسي** في المسارعات النووية لتوجيه الجسيمات المشحونة بينما يقوم **المجال الكهربائي** بتسريعها . **(وزارة ٢٠٠٩)** .
- **نحدد اتجاه السرعة بواسطة المماس ، كما نحدد اتجاه القوة المغناطيسية دائماً نحو مركز الدوران .**

سؤال :
أدخلت ثلاث جسيمات **متماثلة الشحنة والكتلة** وتتحرك بسرعات متفاوتة إلى مجال مغناطيسي منتظم فتحركت كما في الشكل المجاور . رتب سرعتها تصاعدياً وبين نوع شحنة كل منهما ، فسر إجابتك ؟



الحل :

- $ع_٢ > ع_٣ > ع_١$. $\boxed{ع \ \alpha \ نق}$
- $ش_١$: **سالبة ، وذلك بتطبيق قاعدة اليد اليمنى .**

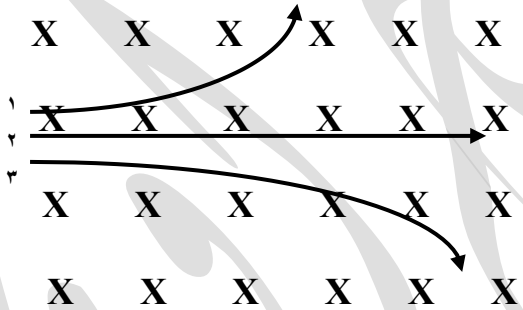
$ش_٢$: **موجبة ، وذلك بتطبيق قاعدة اليد اليمنى .**

$ش_٣$: **سالبة ، وذلك بتطبيق قاعدة اليد اليمنى .**

سؤال : يبين الشكل المجاور ثلاث جسيمات داخل مجال مغناطيسي منتظم ، إذا علمت أن سرعة وكتلة الجسيمات متساوية ، أجب عما يلي :

أ- ما نوع شحنة كل منها . علل ؟

ب- أي الجسيمين (١) ، (٣) له شحنة أكبر . علل ؟



الحل :

* **مثال :** دخل جسيم مشحون كتلته (٢ X ١٠$^{-١٠}$ كغم) ، شحنته (٢ ميكروكولوم) مجالاً مغناطيسياً 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 ؟

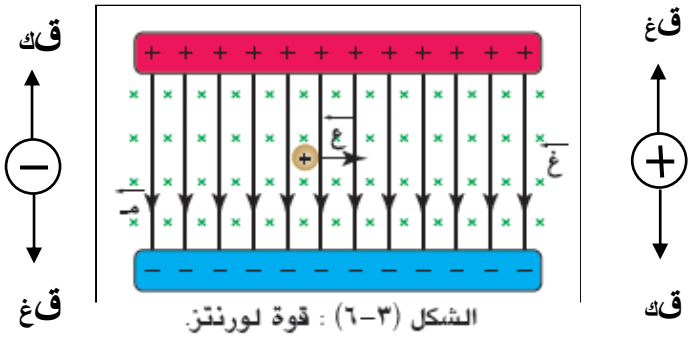
٤) مقدار سرعة الجسيم بعد مرور (٣ ث) على وجوده داخل المجال المغناطيسي ؟

الحل :

- حل اسئلة الكتاب صفحة (١٣٢) الكتاب .

قوة لورنتز

- عندما يوجد جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال كهربائي (مـ) وآخر مغناطيسي (غ) ويتحرك بسرعة (ع) فإنه يتأثر بالقوتين الكهربائية والمغناطيسية معاً كما يلي :



الشكل (٣-٦) : قوة لورنتز.

$$ق_{المحصلة} = ق_{الكهربائية} + ق_{المغناطيسية}$$

$$= ش مـ + ش ع \times غ$$

$$ق_{المحصلة} = ش (مـ + ع \times غ)$$

لاحظ الشكل المجاور .

* هذه القوة المحصلة تسمى **قوة لورنتز**.

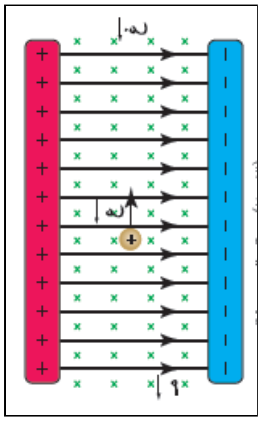
* نلاحظ من الشكل أعلاه أن القوتين متعاكستين إتجاهاً ، وتكون محصلتهما صفراً إذا تساويا في المقدار. (**ق مـ = ق غ**) (**تكون الشحنة في حالة اتزان**) .

- إذا وضعت شحنة سالبة بدل الشحنة الموجبة نجد أن إتجاه كل قوة مؤثرة ينعكس (١٨٠°) تماماً.

* **إذا انحرفت الشحنة** : هذا يعني أن مقدار إحدى القوتين أكبر من الأخرى ، لذا يلزم تقليل مجال القوة الأكبر **أو** زيادة مجال القوة الأصغر حتى تتساوى القوتان وتصبح محصلتهما تساوي صفراً لتبقى الشحنة في مسارها دون انحراف .

سؤال : احسب سرعة إلكترون **متزن** يدخل مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين باتجاه عامودي على كلٍ منهما إذا علمت أن مقدار المجال الكهربائي (٤×١٠^{٣}) فولت/م ومقدار المجال المغناطيسي (٠,٥) تسلا ؟

الحل :



مثال : في الشكل المجاور صفيحتان متوازيتان مشحونتان ، جهد الصفيحة الموجبة (٧,٥ فولت) ، وجهد السالبة (- ٧,٥ فولت) ، والبعد بينهما (١٠ سم) ، ويمر بينهما جسيم مشحون شحنته (+ ٤ ميكروكولوم) وبسرعة مقدارها (٣٠٠ م / ث) باتجاه محور الصادات الموجب ، والصفيحتان مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥ تسلا) عامودي على الصفحة وللداخل ، جد :

١) القوة المحصلة (لورنتز) المؤثرة في الشحنة مقداراً واتجاهاً ، مع وصف حركة الجسيم ؟

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

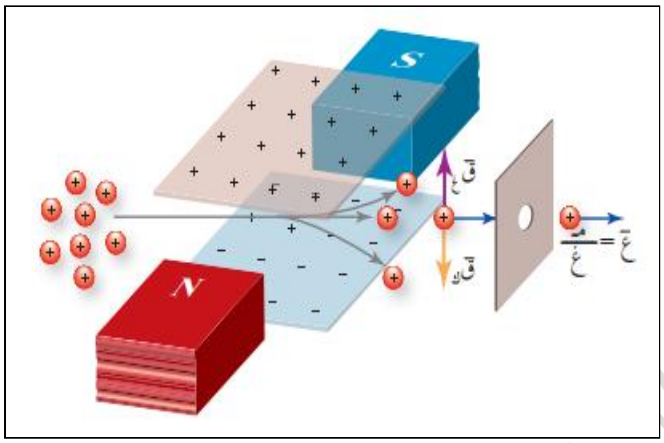
الحل :

- **تستخدم قوة لورنتز في الأجهزة البحثية مثل :**

١) منتقي السرعة .

٢) مطياف الكتلة .

١) <u>منتقي السرعة :</u> يُستخدم الجهاز للحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم .



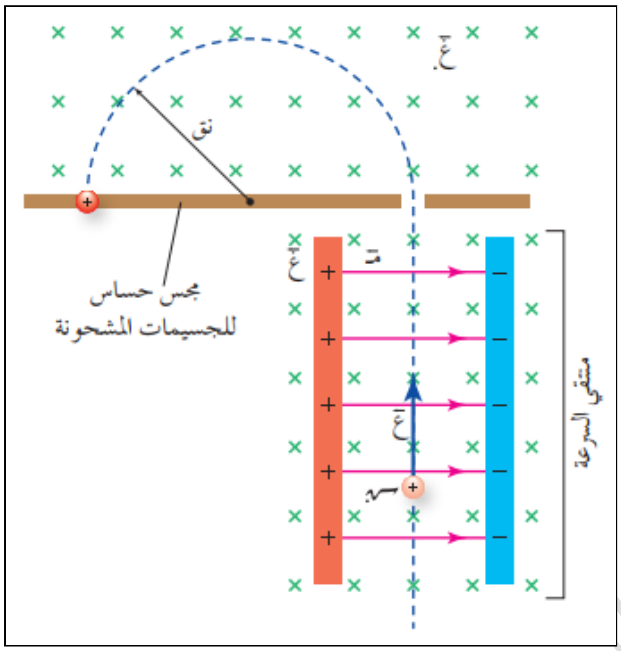
يقوم هذا الجهاز بفرز الاجسام المشحونة وذلك حسب سرعتها (والتي يكون مقدارها مساوي للنسبة $\frac{م}{غ}$ ، داخل مجالان متعامدان ، كهربائي ومغناطيسي ، وتحديد هذه النسبة يكون بالتحكم بمقدار كل من (م) و (غ) .

اذا كانت القوتان الكهربائية والمغناطيسية متساويتان ومتعاكستان ، تكون محصلة القوى على الجسم المشحون تساوي صفر ، بحيث يُكمل الجسم حركته بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم ، أما الاجسام التي لا تتساوى فيها القوتان فان محصلة القوى تكون لها مقدار معين تعمل على حرف مسار هذه الجسيمات عن الخط المستقيم .

$ق_{كهربائية} = ق_{مغناطيسية}$ ⟵ $\vec{ق}_م = \vec{ق}_{ع}$ غ جا ٩٠

م = ع غ ⟵ $ع = \frac{م}{غ}$

٢) **مطياف الكتلة :** هو جهاز يُستخدم لفصل الأيونات المشحونة بعضها عن بعض وفق نسبة شحنة كل منها الى كتلته ، مما يتيح لنا معرفة كتلتها ونوع شحنتها .
بالاضافة الى دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية .



يُستخدم داخله جهاز منتقي السرعة لانتقاء الجسيمات المشحونة التي لها السرعة نفسها ، وبعد خروجها من جهاز منتقي السرعة تدخل هذه الشحنات الى مجال مغناطيسي آخر (غ.) له نفس اتجاه المجال المغناطيسي الأول (غ) ، يُجبرهذه الجسيمات على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلة هذه الجسيمات كما في الشكل المجاور ، في نهاية هذا المسار تصطدم هذه الجسيمات بمجس خاص (حساس للجسيمات المشحونة) ، ومنه نحدد نسبة الشحنة الى الكتلة اعتماداً على نصف قطر المسار الدائري حسب العلاقة :

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

واذا كانت الشحنة معلومة ، يمكن حساب كتلة الجسيم .

استخدم العالم ثومسون هذا الجهاز لقياس نسبة شحنة الالكترون الى كتلته .

- استخدامات جهاز مطياف الكتلة :

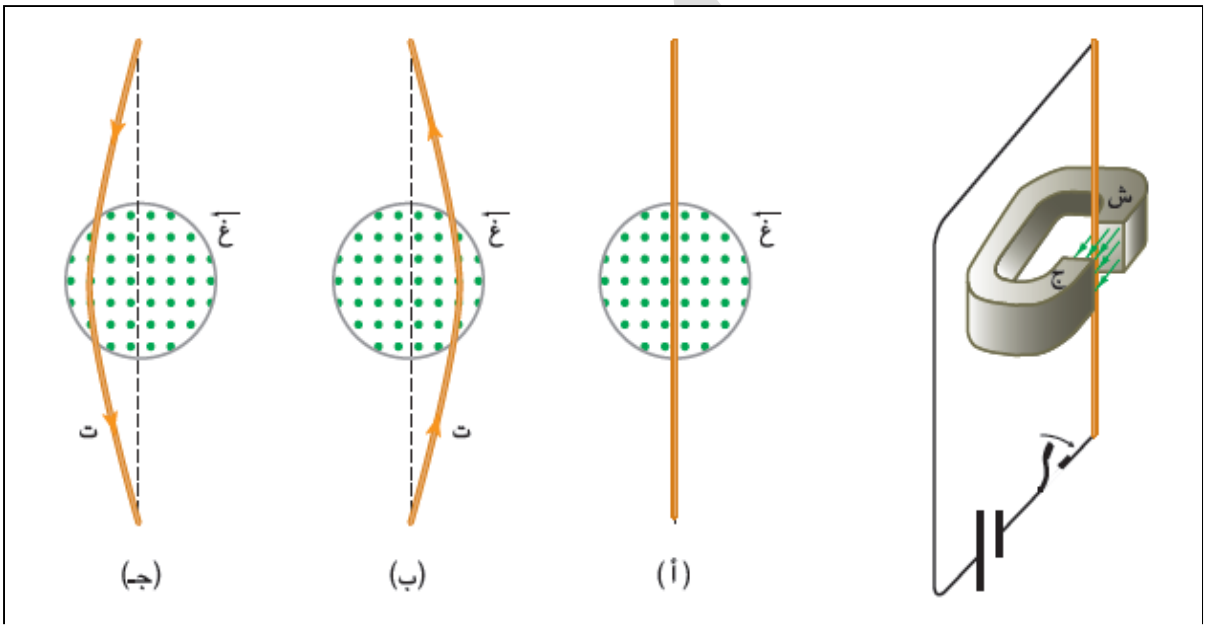
١) فصل الأيونات المشحونة بعضها عن بعض وفق نسبة شحنة كل منها الى كتلته .

٢) دراسة مكونات بعض المركبات الكيميائية .

- حل الاسئلة صفحة (١٣٦) .

القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يسري فيه تيار كهربائي

* يبين الشكل بالاسفل سلكاً موضوعاً في مجال مغناطيسي ، لاحظ عدم حركة السلك في الحالة (أ) (لعدم مرور تيار بالسلك) ، بينما تحرك في الحالتين (ب ، جـ) وذلك لوجود قوة تؤثر في السلك مصدرها وجود السلك في مجال مغناطيسي ويسري فيه تيار ، حيث يؤثر المجال المغناطيسي بقوة مغناطيسية في الشحنات المتحركة بالسلك ، فيتأثر السلك بالقوى المحصلة المؤثرة في الشحنات المتحركة فيتحرك .



الشكل (٣-١١): القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك.

* القوة المغناطيسيه المؤثرة في سلك يسري به تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي تتناسب طردياً مع كل من :

١- مقدار التيار الكهربائي (ت) .
٢- طول السلك الموصل (ل) الموجود بالمجال المغناطيسي (غ) .
٣- مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه (غ) .
٤- مقدار الزاوية المحصورة بين (ل & غ) (θ) .

- يكون اتجاه (ق) دائماً متعامداً مع اتجاه كل من (ل) و (غ) . مهما كانت الزاوية بين (ل) و (غ) .

* وتعطى القوة بالعلاقة الآتية :

ق = ت ل × غ ⟵ ق = ت ل غ جا θ

* ملاحظة : يكون إتجاه ل مع إتجاه التيار المار في السلك .

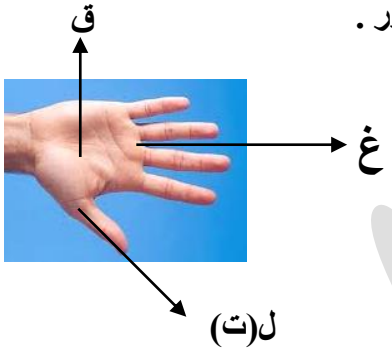
* تكون القوة أكبر ما يمكن عندما تكون θ = ٩٠° ⟵ جا ٩٠° = ١

* تكون القوة معدومة (ق = صفر) عندما تكون :

θ = ٠ أو ١٨٠° ⟵ جا صفر = جا ١٨٠° = صفر

قال صلى الله عليه وسلم :
صلاح أول هذه الأمة بالزهد واليقين ...
ويهلك آخرها بالبخل والأمل ...

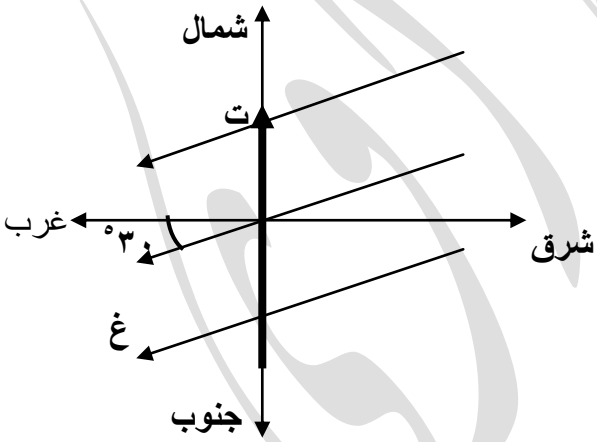
* يحدد اتجاه القوة باستخدام قاعدة اليد اليمنى ، كما في الشكل المجاور .



- **ملاحظة: يرمز للسلك المتعامد مع سطح الورقة إذا كان التياريسري فيه نحو الناظر بالرمز(٠) (أي خارجا من الصفحة) ، ويرمز له بالرمز(×) إذا كان إتجاه التيار بعيداً عن الناظر (أي داخلاً بالصفحة) .**

- بعض الأجهزة التي تعتمد في عملها على هذه القوة :

١) مكبرات الصوت .
٢) الغلفانوميتر (الكشف عن التيارات الصغيرة) .
٣) المحرك الكهربائي (المُستخدم في المراوح والخلاطات والسيارات الهجينة) .



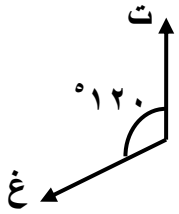
مثال :
سلك مستقيم طوله ٢٠سم ويسري فيه تيار مقداره (٤) أمبير بإتجاه الشمال ، أثر فيه مجال مغناطيسي مقداره (٦) تسلا بإتجاه (٣٠°) جنوب الغرب ، كما في الشكل .
إحسب القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك.

الحل: θ = ١٢٠° .

قغ = ت ل غ جا θ

= ٤ X ٠,٢ X ٦ X ٠,٨٧ ، جا ١٢٠° = ٠,٨٧

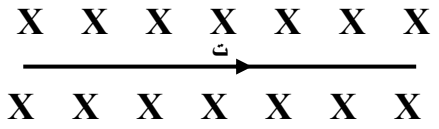
= ٤,١٨ نيوتن ، للخارج .



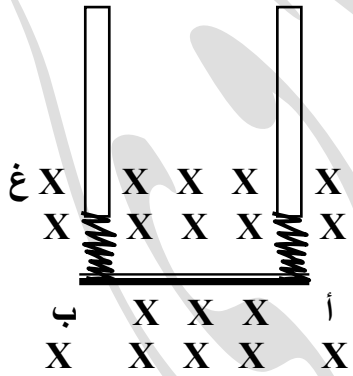
سيعود عصر النور رغم أنوفهم ...
ويخيب كل منافق خوان ...

سؤال : سلك موصل طوله ٧٠سم يسري به تيار مقداره (٢ أمبير) شرقاً ، يوجد في مجال مغناطيسي شدته ٥ تسلا داخلاً في الصفحة ، أوجد مقدارالقوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك ؟

الحل :



سؤال: (أ ب) سلك طوله (٤٠) سم وكتلته (٤٠) غم ، معلق بواسطة نابضين في مجال مغناطيسي مقداره (٢ تسلا) ، كما بالشكل المجاور ، احسب مقدار واتجاه التيار اللازم إمراره بالسلك حتى ينعدم الشد في النابضين (جـ = ١٠م/ث^{٢}) .



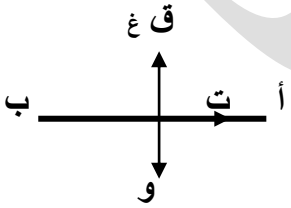
الحل :

- و = ق غ

ك جـ = ت ل غ جا θ ، θ = ٩٠° .

٤٠ X ١٠$^{-٣}$ X ١٠ = ت X ٠,٤ X ٢ X ١

ت = ٠,٥ أمبير ، (ب ⟵ أ) .



- حل الاسئلة صفحة (١٣٩) .

مصادر المجال المغناطيسي

١) **مصدر طبيعي : المغناطيس الطبيعي .**
٢) **مصدر صناعي : توليد مجال مغناطيسي حول سلك موصل يسري به تيار كهربائي .**

- **أهم مصادر المجال المغناطيسي هو التيار الكهربائي :**

← وذلك لأن المجال المغناطيسي الناجم عن التيار الكهربائي يكون مرناً لدرجة تسمح زيادته أو نقصانه في أي مرحلة من العمل وذلك بالتحكم بمقدار التيار .

قانون بيو – سافار :-

* وجد العالمان **بيو** و **سافار** أن المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار الكهربائي في طول قسم من سلك (Δل) عند نقطة تبعد عن الموصل مسافة (ف) :

* يتناسب (غ) طردياً مع التيار الكهربائي المار في الموصل .

* يتناسب (غ) عكسياً مع مربع الإزاحة ($ف^٢$) ، حيث (ف) : الإزاحة من العنصر (Δل) إلى النقطة .
* يتناسب (غ) طردياً مع جاθ ، حيث θ : الزاوية المحصورة بين (Δل) الذي يكون مع اتجاه التيار ، واتجاه ف .

* (غ) يعتمد على نوع مادة الوسط الموجود فيه الموصل .

- يكون المتجه (غ) **عمودياً** على كل من (Δل) و (ف) .

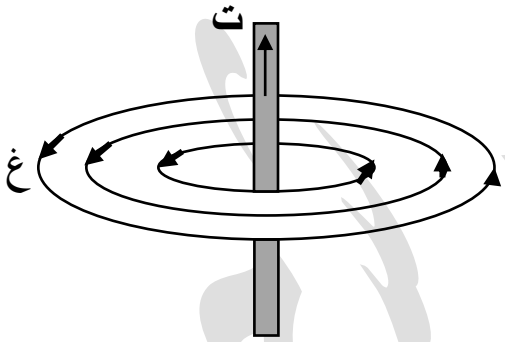
ـ ويمكن التعبير عن قانون (**بيو – سافار**) بالعلاقة التالية :

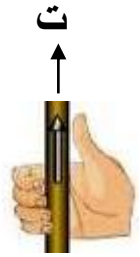
$$\Delta غ = \frac{\mu}{٤\pi} ت \Delta ل \frac{جا\theta}{ف^٢}$$

μ. : ثابت يسمى النفاذية المغناطيسية للفراغ ويساوي ($٤\pi \times ١٠^{-٧}$)(**ويبر/أمبير.م**) .

* تتغير نفاذية الوسط بتغير نوعه وتسمى حينئذ (μ) .
* لحساب المجال الكلي عند نقطة نجري حساب التكامل لقانون **بيو- سافار** ، وذلك إذا كان الموصل الذي يمر فيه التيار ذا **شكل هندسي منتظم** .

* لتحديد إتجاه المجال المغناطيسي المتولد حول الموصل ، نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى كما يلي :
(إمسك الموصل بيدك اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار ، فيشير انحناء الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي) .





* يكون اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة في المجال هو **اتجاه المماس** لخط المجال عند تلك النقطة .

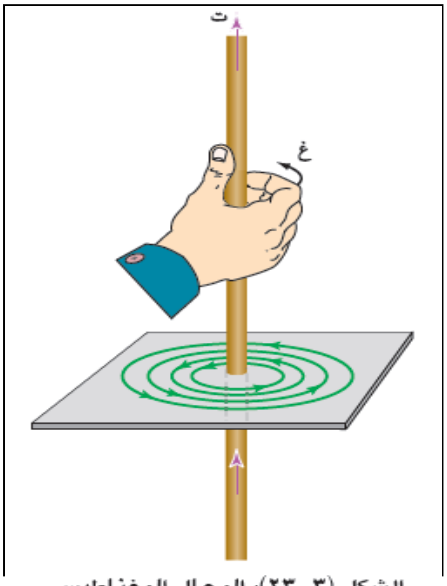
** **استخدامه : حساب المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل يحمل تياراً كهربائياً .**

- **أشكال الموصل المطلوبة :**

١) موصل مستقيم طويل .
٢) ملف دائري .
٣) ملف لولبي .

صولة الحق في ساعات ، تقضي على انتصار الباطل في سنوات ...

المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك طويل مستقيم



الشكل (٣-٢٣): المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار في سلك مستقيم وطويل.

* يكون المجال المغناطيسي المتولد حول سلك موصل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي على شكل دوائر تقع مركزها على محور السلك وفي مستوى متعامد مع السلك ، **ونحدد اتجاه المجال باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى** كما في الشكل المجاور .

* باستخدام التكامل لعلاقة **بيو- سافار** نجد أن المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار (ت) في سلك طويل جداً (لانهائي الطول) عند أي نقطة تبعد مسافة (ف) عن محوره ، يعطى بالعلاقة التالية :

$$غ = \frac{\mu . ت}{٢ \pi ف}$$

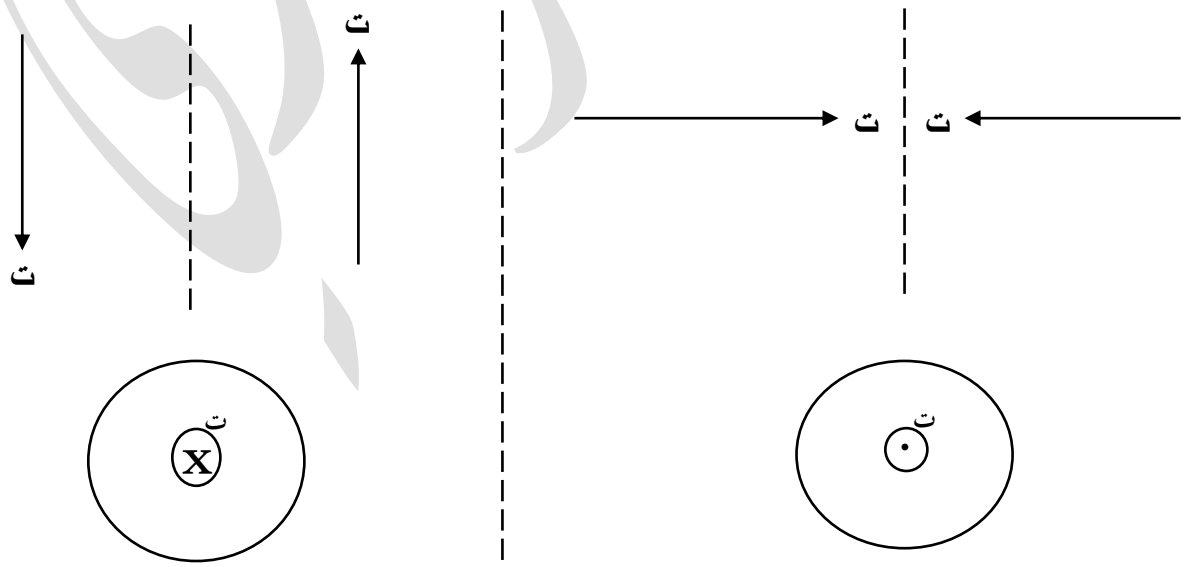
*** يعتمد مقدار هذا المجال على العوامل التا**

١. **نوع الوسط الموجود به السلك المستقيم .**
٢. **مقدار التيار الذي يسري بالسلك المستقيم (تناسب طردي) .**
٣. **بُعد النقطة عن السلك المستقيم (تناسب عكسي) .**

(مهم) * لا ينشأ مجال مغناطيسي عند أي نقطة تقع على امتداد سلك مستقيم ، علل ؟

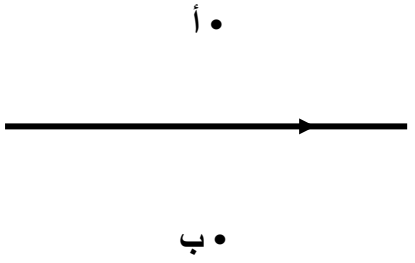
- لأن الزاوية المحصورة بين (Δل) و (ف) تساوي صفر ، (جا صفر = صفر) .

- **سؤال : حدد اتجاه المجال المغناطيسي في كل حالة فيما يلي :**



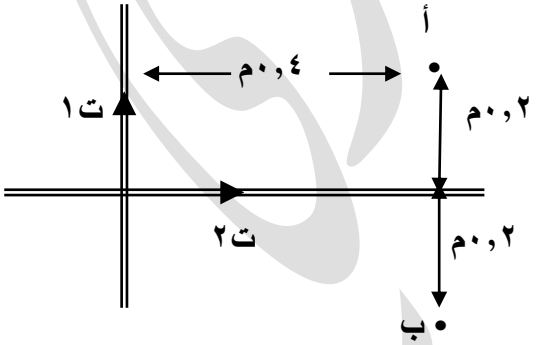
لا تشتكي للناس جرحاً أنت صاحبه ...
لا يؤلم الجرح إلا من به الألمُ ...

مثال : يبين الشكل المجاور موصل مستقيم طويل يحمل تيار كهربائي مقداره (٦ A) ، جد المجال المغناطيسي الناشئ عن هذا التيار مقداراً واتجاهاً عند النقطتين (أ) و (ب) التي تبعد كل منهما (٣سم) عن السلك ؟



الحل :

مثال :
يبين الشكل المجاور سلكين معزولين طويلين جداً مستقيمين متعامدين في مستوى الصفحة ، كلٍ منهما يحمل تياراً مقداره (٥,٦) أمبير . بالاستعانة بالقيم الموجودة على الشكل ، جد مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه عند كل من النقطتين (أ) & (ب) .



الحل :

النقطة (أ) :

$$غ_{١} = \frac{\mu . ت_{١}}{٢ \pi ف} = \frac{٥,٦ \times ١٠^{-٧} \times ٤ \pi}{٢ \pi \times ٠,٤}$$

$غ_١ = ٢,٨ \times ١٠^{-٦}$ تسلا . للداخل .

$$غ_٢ = \frac{\mu . ت_٢}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٥,٦}{٢\pi \times ٠,٢}$$

$غ_٢ = ٥,٦ \times ١٠^{-٦}$ تسلا . للخارج .

$غ_{ا} = غ_٢ - غ_١ = ٥,٦ \times ١٠^{-٦} - ٢,٨ \times ١٠^{-٦}$

$غ_{ا} = ٢,٨ \times ١٠^{-٦}$ تسلا ، للخارج .

النقطة (ب) :

$$غ_١ = \frac{\mu . ت_١}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٥,٦}{٢\pi \times ٠,٤}$$

$غ_١ = ٢,٨ \times ١٠^{-٦}$ تسلا . للداخل .

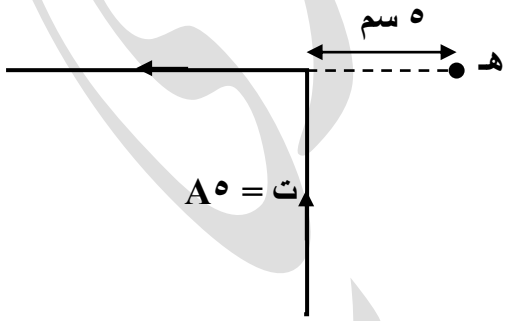
$$غ_٢ = \frac{\mu . ت_٢}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٥,٦}{٢\pi \times ٠,٢}$$

$غ_٢ = ٥,٦ \times ١٠^{-٦}$ تسلا . للداخل .

$غ_{ب} = غ_١ + غ_٢ = ٢,٨ \times ١٠^{-٦} + ٥,٦ \times ١٠^{-٦}$

$غ_{ب} = ٨,٤ \times ١٠^{-٦}$ تسلا ، للداخل .

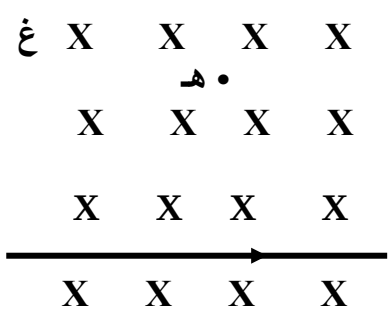
سؤال : في الشكل المجاور احسب محصلة المجال المغناطيسي المتولد في النقطة هـ ؟



مثال : مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٥ ميكروتسلا) كما بالشكل المجاور ، مغمور فيه موصل مستقيم يسري به تيار (٤ A) ، اذا كانت النقطة (هـ) تبعد عن السلك (٨سم) ، جد :

١) المجال المغناطيسي عند (هـ) مقداراً واتجاهاً ؟

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



الحل :

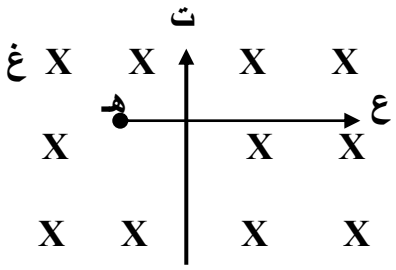
الابتسامة تأخذ مكاناً صغيراً في وجهك ...
ولكن لها مقداراً كبيراً في قلب من يشاهدك...

سؤال : سلك طوله (٥٠)سم موضوع في مستوى الصفحة ويسري فيه تيار مقداره (٤) أمبير ومغمور في مجال مغناطيسي منتظم داخلاً بالصفحة مقداره (١ X ١٠$^{-٥}$) تسلا . احسب :

١- القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك .

٢- المجال المغناطيسي الكلي في النقطة (هـ) التي تبعد (٢سم) إلى يسار السلك .

٣- القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يسير بسرعة (٢X١٠^{٧}) م/ث باتجاه الشرق لحظة مروره بالنقطة (هـ) .



الحل :

١) ق = ت ل غ جا θ = ٤ X ٠,٥ X ١ X ١٠$^{-٥}$ X ١ ، θ = ٩٠° .

ق = ٢ X ١٠$^{-٥}$ نيوتن ، لليسار .

٢) غ$_{سلك}$ = $\frac{\mu . ت}{٢\pi ف}$ = $\frac{٤ X \pi ٤ X ١٠^{-٧}}{٢\pi X ٠,٠٢}$

غ$_{سلك}$ = ٤ X ١٠$^{-٥}$ تسلا ، للخارج .

غ$_{هـ}$ = غ$_{سلك}$ – غ$_{منتظم}$ = ٤ X ١٠$^{-٥}$ - ١ X ١٠$^{-٥}$ = ٣ X ١٠$^{-٥}$ تسلا ، للخارج .

٣) ق = ش ع غ$_{هـ}$ جا θ

= ١,٦ X ١٠$^{-١٩}$ X ٢ X ١٠^{٧} X ٣ X ١٠$^{-٥}$ X ١

= ٩,٦ X ١٠$^{-١٧}$ نيوتن ، للأعلى (ص+) .

لا تسمح لأي شيء أن يحجب
الضوء الذي يشرق من داخلك ...

* **مهم :**

- **نقطة التعادل (خط التعادل): هي نقطة انعدام المجال المغناطيسي . ($غ_١ = غ_٢$) .**
- **تقع نقطة التعادل (خط التعادل) بين سلكين متوازيين يسري بهما تيار ، ولها حالتان :**

١. **إذا كان التياران في الاتجاه نفسه تكون نقطة التعادل بين السلكين وأقرب للسلك الذي تياره أقل ، أما إذا كان التياران متساويان فتقع النقطة في منتصف المسافة بين السلكين .**
٢. **إذا كان التياران في اتجاهين متعاكسين تكون نقطة التعادل خارج السلكين وأقرب للسلك الذي تياره أقل ، أما إذا كان التياران متساويان فلا توجد نقطة تعادل .**

سؤال : سلكان مستقيمان لا نهائيا الطول ومتوازيان . المسافة بينهما (٢) م . يحمل الأول تيار مقداره (٢)أمبير والثاني (٦)أمبير . حدد موقع خط التعادل فيما يلي :

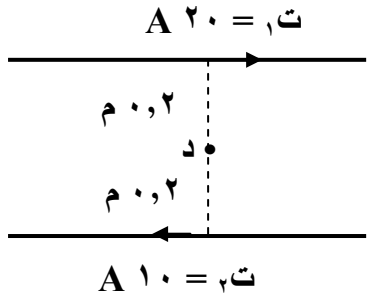
١) إذا كان للتيارين الاتجاه نفسه . **٢) إذا كانا متعاكسين في الاتجاه .**

الحل :

مثال : موصلان مستقيمان متوازيان طويلان يحملان تيارين متعاكسين كما بالشكل المجاور ، مُعتمداً على البيانات على الشكل المجاور ، أجب عما يلي :

١) جد المجال المحصل عند النقطة (د) مقداراً واتجاهاً ؟

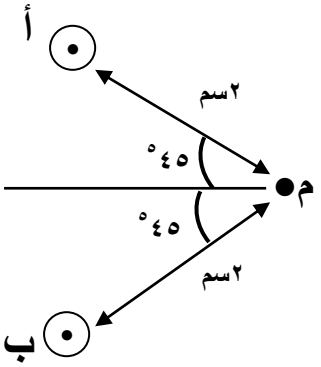
٢) حدد موقع النقطة (الخط) التي ينعدم عندها المجال ؟



الحل :

لا تيأس .. فعادةً ما يكون آخر مفتاح في مجموعة المفاتيح هو المناسب لفتح الباب ...

سؤال : (أ ، ب) سلكان متوازيان يحملان تيار مقداره (٥ أمبير) كما بالشكل المجاور ، احسب محصلة المجال المغناطيسي المتولد في النقطة (م) ؟



الحل :

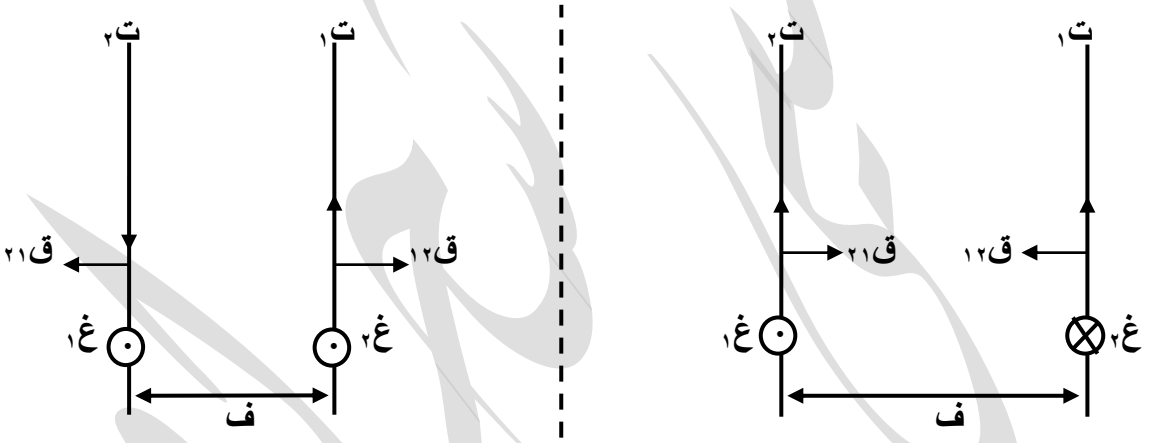
- حل الاسئلة صفحة (١٤٦) .

القوة المغناطيسية المتبادلة بين سلكين رفيعين مستقيمين متوازيين لانهائيين يقعان في مستوى واحد ويسري فيهما تيار كهربائي

* عند مرور تيار كهربائي في سلكين مستقيمين ومتوازيين يقعان في مستوى واحد فإنه تتولد قوة مغناطيسية متبادلة بينهما وفقاً لقانون نيوتن الثالث (متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهاً) ، وتكون هذه القوة على شكلين هما :

١- قوة تجاذب : إذا كان التياران في الاتجاه نفسه .
٢- قوة تنافر : إذا كان التياران في اتجاهين متعاكسين .

- مهم : تتولد القوة المغناطيسية بين السلكين نتيجة وجود كل سلك بمجال السلك الآخر ، (السلكان يسري بهما تيار كهربائي) .



* تعتمد القوة المتبادلة بين السلكين على كل من :

١- مقدار كلٍ من التيارين المارين في السلك (ت١، ت٢) ⟵ تناسب طردي مع(ق) .
٢- مقدار المسافة بين السلكين (ف) ⟵ تناسب عكسي مع (ق) .
٣- نوع الوسط .

$$\text{ق} = \frac{\mu . \text{ت}_1 \, \text{ت}_2 \, \text{ل}}{2\pi \, \text{ف}}$$ ، أثبت ذلك ؟

$$\text{غ}_2 = \frac{\mu . \text{ت}_2}{2\pi \, \text{ف}}$$

ق = ت١ ل غ٢ جا θ ،

= ت١ ل $\frac{\mu . \text{ت}_2}{2\pi \, \text{ف}}$ ، θ = ٩٠° .

⟵ $$\text{ق} = \frac{\mu . \text{ت}_1 \, \text{ت}_2 \, \text{ل}}{2\pi \, \text{ف}}$$

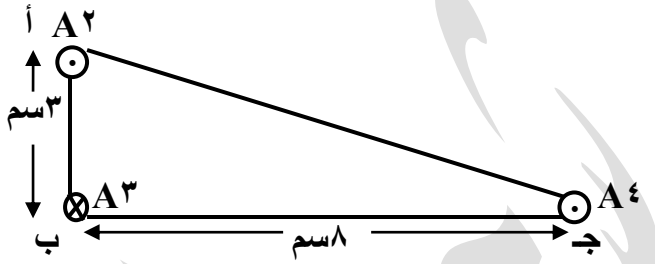
* وبما أن السلكين لانهائيين ، فنحسب القوة لكل وحدة طول ، أي ($\frac{ق}{ل}$) كما يلي :

$$\frac{ق}{ل} = \frac{\mu . ت_{١} ت_{٢}}{٢ \pi ف}$$ ، والوحدة (نيوتن / م) .

- من التطبيقات العملية على القوة المتبادلة بين موصلين مستقيمين متوازيين جهاز يُستخدم لقياس التيار الكهربائي المار في موصل بدقة ، يسمى <u>ميزان أمبير</u> .

مثال :

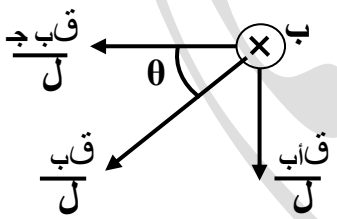
يمثل الشكل المجاور ثلاثة أسلاك مستقيمة لانهائية الطول يسري في كل منها تيار كهربائي . بالاستعانة بالبيانات المدونة على الشكل ، إحسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة أطوال السلك (ب).



الحل :

$$\frac{ق_{أب}}{ل} = \frac{\mu . ت_{أ} ت_{ب}}{٢ \pi ف} = \frac{٤ \pi \times ١٠^{-٧} \times ٣ \times ٢}{٢ \pi \times ٣ \times ١٠^{-٢}} = ٤ \times ١٠^{-٥}$$ نيوتن / م .
تنافر (للأسفل) .

$$\frac{ق_{ب جـ}}{ل} = \frac{\mu . ت_{جـ} ت_{ب}}{٢ \pi ف} = \frac{٤ \pi \times ١٠^{-٧} \times ٣ \times ٤}{٢ \pi \times ٨ \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{-٥}$$ نيوتن / م .
تنافر (لليسار) .



$$\frac{ق_{ب}}{ل} = \sqrt{(٤ \times ١٠^{-٥})^{٢} + (٣ \times ١٠^{-٥})^{٢}}$$

$= ٥ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن / م .

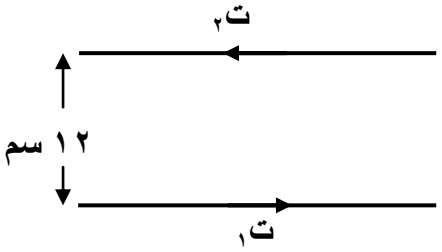
$$ظا\ \theta = \frac{٤ \times ١٠^{-٥}}{٣ \times ١٠^{-٥}} = \frac{٤}{٣}$$

$$\theta = ظا^{-١} \left(\frac{٤}{٣} \right)$$.

مثال : موصلان مستقيمان متوازيان طويلان كما بالشكل المجاور ، يمر بالأول تيار مقداره (٤ A) ، والثاني (٦ A) ، جد :

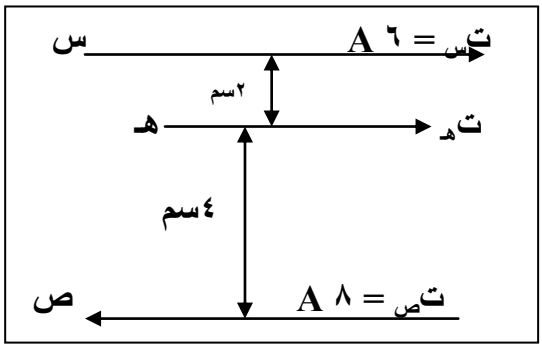
١) القوة المتبادلة بين الموصلين لوحدة الأطوال منهما ؟

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



الحل :

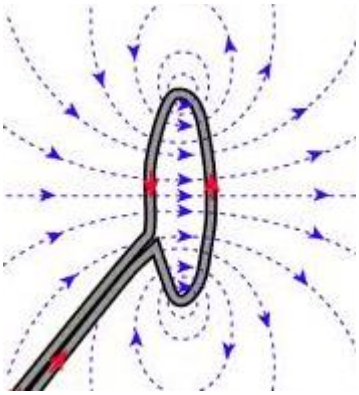
سؤال : ثلاثة اسلاك افقية تقع في مستوى رأسي كما في الشكل فاذا كان السلك (هـ) متزنا وكتلته (١ غم) وطوله (١م) ، احسب التيار في هذا الموصل وبفرض ان السلكين (س وص) لا نهائيان .



الحل :

- حل الاسئلة صفحة (١٥٦) .

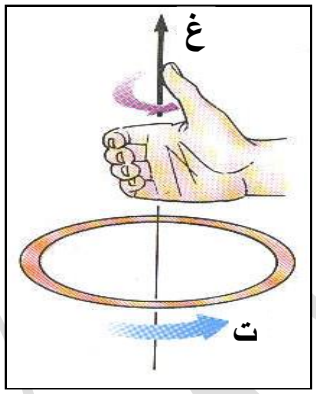
المجال المغناطيسي لملف دائري



* عندما يسري تيار كهربائي في ملف دائري، كما في الشكل المجاور يتولد داخل الملف وخارجه مجال مغناطيسي غير منتظم ، لكن بالقرب من مركز الملف يكون منتظم بدليل **توازي خطوطه المتعامدة مع مستوى الملف** .

$$غ_{دائري} = \frac{\mu . ن ت}{٢ نق}$$

غ : مقدار المجال في مركز الملف . (تسلا) .
ن : عدد لفات الملف . (لفة) .
ت : التيار المار بالملف . (أمبير) .
نق : نصف قطر الملف الدائري . (م) .



*** لتحديد إتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى الموضحة في الشكل المجاور ، كما يلي :**

(نضع اليد اليمنى بحيث تشير الأصابع الأربعة مع اتجاه التيار بالملف ، عندها يكون إتجاه الإبهام مع إتجاه المجال المغناطيسي في مركز الملف) .

*** يعتمد مقدار المجال المغناطيسي المتولد في مركز ملف دائري على العوامل التالية :**

١- مقدار التيار المار بالملف (ت) .
٢- عـــدد لفـــات الملـــف (ن) .
} **تناسب طردي مع (غ) .**

٣- نصف قطر الملف الدائري (نق) . ⟵ **تناسب عكسي مع (غ) .**

٤- نوع الوسط الموجود به الملف .

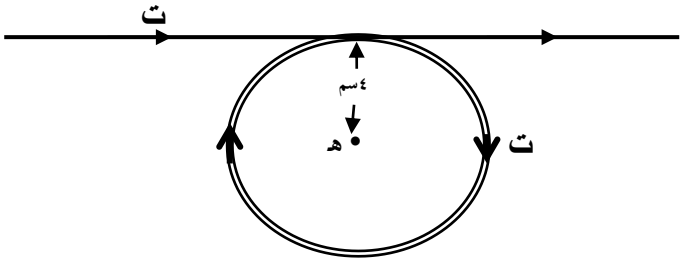
- **تدخل الملفات الدائرية في تركيب بعض الاجهزة الكهربائية مثل المحول الكهربائي .**

*** اذا كان الملف الدائري يتكون من لفة واحدة ، فإن (ن = ١) .**

*** تذكر : اذا كان الموصل جُزءاً من لفة دائرية (قوس) ، فإن مقدار (ن) يُحسب من العلاقة التالية :**

ن = $\frac{\theta}{٣٦٠}$ ، θ = الزاوية المركزية التي تقابل القوس بالدرجات .

مثال :-



في الشكل المجاور سلك مستقيم طويل جداً ، يمر فيه تيار مقداره (١٢) أمبير ، صنع في جزء منه (ملف) عروة دائرية نصف قطرها (٤) سم ، عدد لفاتها (٧) لفات . إحسب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف .

الحل :

$$غ_{ملف} = \frac{\mu . ن ت}{٢ نق} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٧ \times ١٢}{٢ \times ٤ \times ١٠^{-٢}} = ١٣٢ \times ١٠^{-٥}$$ **تسلا ، للداخل .**

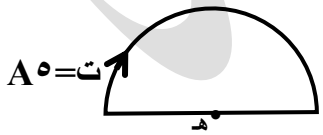
$$غ_{سلك} = \frac{\mu . ت}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١٢}{٢\pi \times ٤ \times ١٠^{-٢}} = ٦ \times ١٠^{-٥}$$ **تسلا ، للداخل .**

$$غ_{هـ} = غ_{ملف} + غ_{سلك} = ١٣٢ \times ١٠^{-٥} + ٦ \times ١٠^{-٥}$$

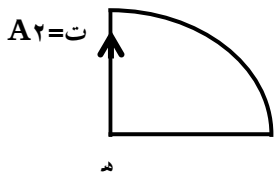
$$= ١٣٨ \times ١٠^{-٥}$$ **تسلا ، للداخل .**

سؤال : احسب المجال عند النقطة (هـ) في الشكلين التاليين (اعتبر نق = π سم) ؟

١)



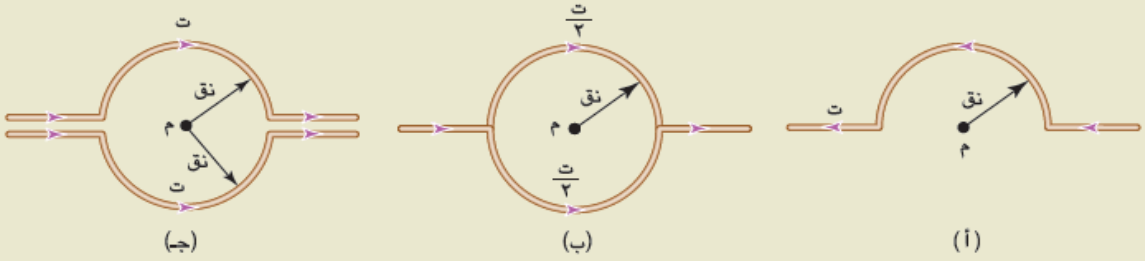
٢)



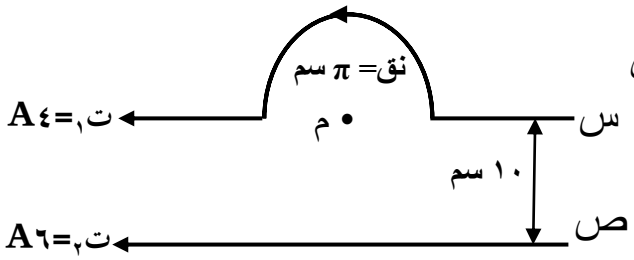
لا تدع يأسك يهزمك وتمسك بالحياة ،
أنظر إلى أجمل ما فيها وابتسم ...

*** سؤال:**
(مهم)

احسب مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (م) بدلالة كل من (ت، نق) في الحالات المبيّنة في الشكل التالي .



الشكل (٣-٣٦): سؤال.



سؤال : اعتماداً على الشكل المجاور ، احسب المجال المغناطيسي الناشىء عن التيارين عند النقطة (م) ؟ **(اعتبر π = ٢٢/٧) .**

الحل :

$$غ_{سلك} = \frac{\mu . ت_{٢}}{٢ \pi ف} = \frac{٤ \pi \times ١٠^{-٧} \times ٦}{٢ \pi \times ١ \times ١٠^{-١}} = ١٢ \times ١٠^{-٦}$$ **تسلا ، للداخل .**

$$غ_{ملف} = \frac{\mu . ن ت_{١}}{٢ نق} = \frac{٤ \pi \times ١٠^{-٧} \times ٥٠ \times ٤}{٢ \times \pi \times ١٠^{-٢}} = ٤٠ \times ١٠^{-٦}$$ **تسلا ، للخارج .**

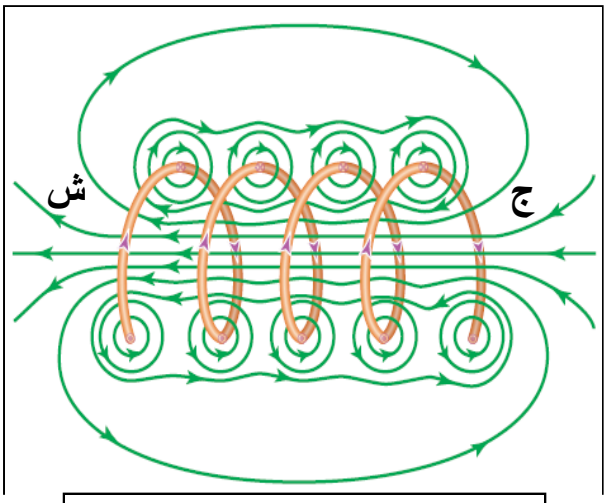
$$غ_{م} = غ_{ملف} - غ_{سلك} = ٤٠ \times ١٠^{-٦} - ١٢ \times ١٠^{-٦} = ٢٨ \times ١٠^{-٦}$$ **تسلا ، للخارج .**

سؤال: **ملف دائري يتكون من لفة واحدة يحمل تيار مقداره (٥A) بحيث يتولد مجال مغناطيسي في مركزه مقداره (١٠ ميكروتسلا) ، احسب نصف قطر هذا الملف ؟**

الحل :

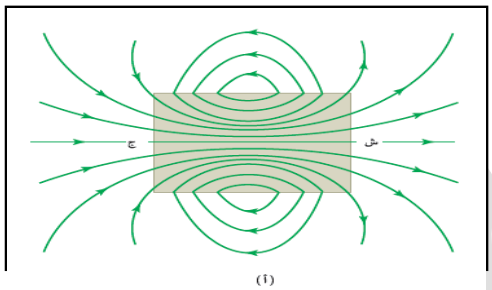
- **حل الاسئلة صفحة (١٤٩) .**

المجال المغناطيسي لملف لولبي



* عند مرور تيار كهربائي في ملف لولبي سيتولد مجال مغناطيسي داخل الملف على امتداد محوره ، كما في الشكل المجاور ، وهذه الخطوط تكون متوازية ، ويكون مقدار المجال داخل الملف اللولبي كبيراً لأنه يمثل المجال المحصل الناجم عن كل تيار يمر في كل لفة من لفاته .

* وإذا قربنا اللفات لتصبح متراصة يصبح المجال منتظماً داخل الملف بعيداً عن طرفي الملف .



* يشبه المجال المغناطيسي الناشئ في الملف اللولبي المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم ، لذا يسمى الملف اللولبي (المغناطيس الكهربائي المؤقت) .

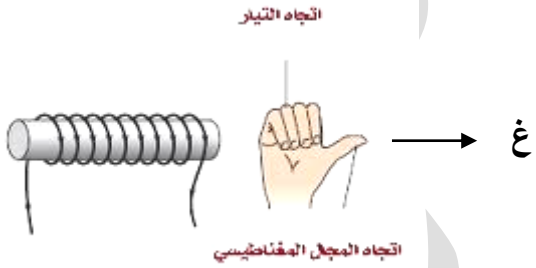
* لمعرفة مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي نستخدم العلاقة التالية :

$$غ = \frac{\mu . ن ت}{ل}$$

$$غ = \mu . نَ ت$$

$$\frac{ن}{ل}$$ = نَ : عدد اللفات في وحدة الأطوال من الملف .

* ولتحديد اتجاه المجال نستخدم قاعدة قبضة اليد اليمنى كما في الشكل التالي .



* تعتمد قيمة المجال المغناطيسي داخل ملف لولبي على العوامل التالية :-

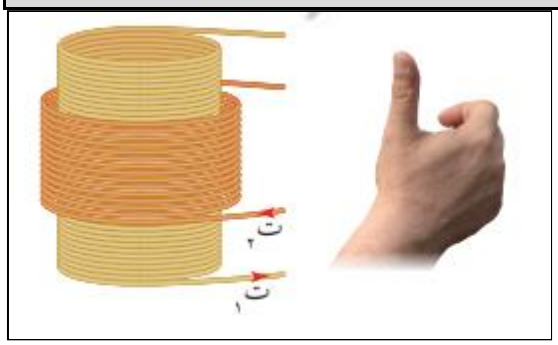
١- نوع مادة قلب الملف .

٢- طول الملف . تناسب عكسي مع (غ) .

٣- عدد لفات الملف . تناسب طردي مع (غ).

٤- مقدار التيار الكهربائي المار بالملف . تناسب طردي مع (غ).

- (مهم) اذا كان قلب الملف اللولبي يتكون من الحديد بدل الهواء فإن المجال المغناطيسي يزداد بشكل كبير ، لأن ($\mu_{حديد} > \mu_{.}$) .



- **مثال :** ملف لولبي طويل عدد لفاته (١٥ لفة) لكل (١سم) من طوله ، يمر فيه تيار مقداره ($ت_١ = ٨$ A) ، يحيط به ملف لولبي آخر عدد لفاته (٢٠٠٠ لفة) وطوله (٢٤سم) ، يمر فيه تيار مقداره ($ت_٢ = ٣$ A) باتجاه معاكس لاتجاه التيار الاول ، اذا علمت ان الملفين متحدين في المحور كما بالشكل المجاور ، جد :

١) المجال المغناطيسي المحصل في المحور المشترك ؟

٢) التيار الكهربائي المار في الملف الخارجي (٢) لكي ينعدم المجال المغناطيسي في المحور المشترك ؟

الحل :

- **(مهم) مثال :** ملف لولبي يحتوي على ١٠٠ لفة لكل (١سم) من طوله ، ويحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة (عند النظر إليه من اليمين) مقداره (١٠٠) أمبير . احسب :-

١- المجال المغناطيسي داخل الملف على امتداد محوره .

٢- مقدار واتجاه التيار اللازم إمراره في ملف لولبي آخر عدد لفاته (٤٠) لفة لكل سم من طوله ، يحيط بالأول بإحكام ليصبح المجال المغناطيسي الكلي داخل الملف يساوي صفراً .

الحل:

١) $غ = \frac{\mu . ن ت}{ل} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١٠٠ \times ١٠٠}{١ \times ١٠^{-٢}} = ٠,٤\ \pi$ **تسلا ، للداخل .**
(عند النظر اليه من اليمين)

٢) $غ_{الكلي}$ = **صفر** ، $غ_١ = غ_٢ = \frac{\mu . ن ت_٢}{ل} = ٠,٤\ \pi$ **تسلا**

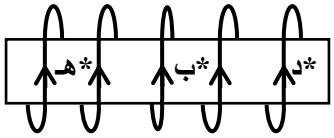
$$٠,٤\ \pi = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٤٠ \times ت_٢}{١ \times ١٠^{-٢}}$$

$ت_٢$ = ٢٥٠ أمبير ، عكس عقارب الساعة (عند النظر اليه من اليمين) .

سؤال : **ملف حلزوني يمر فيه تيار كهربائي مقداره ١ A . احسب عدد لفاته لكل وحدة طول إذا كان المجال المغناطيسي في مركزه يساوي $٤\pi \times ١٠^{-٥}$ تسلا ؟**

الحل :

سؤال : ملف لولبي عدد لفاته (٥٠٠ لفة) ، طوله (π سم) ، يحمل تيار مقداره (٤A) ، احسب مقدار المجال المغناطيسي في النقاط (ب ، د ، هـ) داخل الملف ، كما بالشكل ؟



الحل :

- حل الاسئلة صفحة (١٥٣) .

المواد المغناطيسية

- **استخدام المغانط :**
  ١) المحركات والمولدات .
  ٢) الاقراص الممغنطة في الحاسوب .
  ٣) الكثير من الاجهزة العلمية والعملية .

- **أشكال المغانط :**
  ١) المغناطيس المستقيم .
  ٢) مغناطيس حدوة الفرس .
  ٣) المغناطيس الكهربائي .

- **منشأ المجال المغناطيسي :**

تدور الالكترونات بحركتين دائريتين ، حركة دائرية حول النواة في مدار معين ، وحركة دائرية حول محوره الذاتي التي تكون بمثابة تيار كهربائي يولد حول الالكترون مجالاً مغناطيسياً ذاتياً . وهذا المجال الناتج يشبه المجال الناتج من مغناطيس صغير جداً ، له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي ، وفي الذرة حالتان هما :

- تكون هذه المجالات في صورة أزواج متعاكسة فتكون محصلتهما صفراً .
- تكون هذه المجالات باتجاه واحد فينشأ لها مجال مغناطيسي صغير دائم .

- **محصلة المجالات المغناطيسية الذرية في قطعة من المادة** هي التي تحدد خصائص المادة المغناطيسية وسلوكها عند وضعها في مجال مغناطيسي خارجي وتأثرها به .

- تُصنف المواد وفق خصائصها المغناطيسية وسلوكها المغناطيسي الى ثلاثة أصناف رئيسة ، هي :

١) **المواد الدايامغناطيسية :** هي مواد ليست لها أثر مغناطيسي .

استجابتها لمجال مغناطيسي خارجي ضعيف ، لكنها تتمغنط عكس اتجاه المجال المغناطيسي ، تتنافر مع المغناطيس الدائم عند الاقتراب منه ، مثل البزموث ، الماء ، الفضة والمواد فائقة الموصلية .

٢) **المواد البارامغناطيسية :**

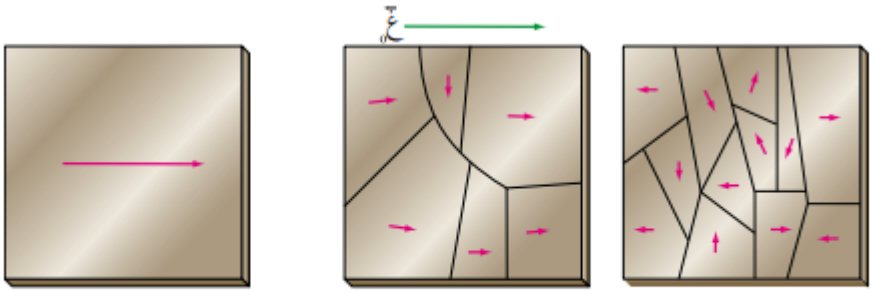
محصلة المجالات المغناطيسية الذرية الناتجة من حركة الالكترونات تساوي صفراً ، لذلك لا يتولد حول المادة مجال مغناطيسي ، لكن عند وضع هذه المواد في مجال مغناطيسي خارجي تترتب مغانطها الذرية الصغيرة بقدر محدود باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر ، وتبدي استجابة ضعيفة للمجال المؤثر ، أي انها تتمغنط وتتأثر بقوة جذب عند تقريب مغناطيس خارجي منها . مثل الألمنيوم والصوديوم والأكسجين السائل .

٣) **المواد الفومغناطيسية :**

تمتاز هذه المواد باحتوائها على مغانط ذرية تتفاعل مع بعضها بصورة قوية ، وهذا التفاعل القوي يؤدي الى ترتيب تلقائي حتى بغياب المجال المغناطيسي الخارجي ، وتشكل مجموعة المغانط الذرية المرتبة باتجاه واحد ما يعرف بالمناطق المغناطيسية ، يتراوح حجم المنطقة المغناطيسية بين ($١٠^{-٦}$ ــ $١٠^{-٢}$ سم٣) ، وتحتوي المنطقة على عدد من الذرات بين ($١٠^{١٧}$ ــ $١٠^{٢١}$) ذرة ، وقد يختلف اتجاه الاصطفاف في المناطق المتجاورة .

عند وضع قطعة من هذه المواد مثل الحديد تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي (غ٠) فإن المناطق المغناطيسية ذات الاتجاه الواحد والتي تكون باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر تكبر وتزداد على حساب المناطق الأخرى ، وبهذا تصبح القطعة كلها مغناطيساً له قطبان ، أي تكون استجابة هذه المواد للتمغنط كبيرة وباتجاه المجال المغناطيسي الخارجي .

تشمل المواد الفرومغناطيسية الحديد ، النيكل ،
الكوبالت وبعض السبائك المصنوعة منها ،
فهي تُستخدم لصناعة كل ما نطلق عليه
مغناطيس دائم .



قطعة حديد غير ممغنطة. قطعة حديد تعرضت لمجال مغناطيسي. قطعة حديد أصبحت مغناطيسًا.

الشكل (٥-٤٦): مغنطة قطعة حديد.

- حل اسئلة الكتاب صفحة (١٥٩ + ١٦٠) .

وزارة/ ٢٠٠٨م تستخدم العلاقة $\boxed{ق = \frac{\mu_{\cdot} ت_{١} ت_{٢} ل}{٢\pi ف}}$ لحساب القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين يمر بهما تيار كهربائي ، أجب عما يلي :

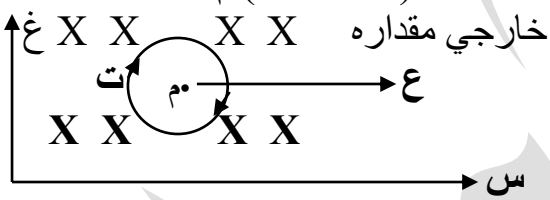
١- ما الزاوية الواجب توفرها بين امتداد السلكين لتطبيق هذه العلاقة ؟

٢- إذا كان (ل) لا نهائي الطول ، فما وحدة قياس القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك ؟

٣- كيف يمكن الحصول على قوة تنافر بين السلكين ؟

الحل :

وزارة/ ٢٠٠٨م 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 بالشكل :



أولاً : 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 على شحنة مقدارها (-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 بشكل عامودي على مساره . فسر ذلك ؟

الحل : (٢٣×١٠^{-٥} تسلا للداخل) ، (٢٣×١٠^{-٥} نيوتن جنوباً) .

وزارة/ ٢٠٠٨م تمثل الصورة الرياضية التالية تعبيراً رياضياً في المغناطيسية . أجب عما يلي :

$$\boxed{\Delta غ = \frac{\mu_{\cdot}}{٤\pi} ت \Delta ل \frac{جا\theta}{ف^{٢}}}$$

١) ما اسم القانون الذي تعبر عنه هذه الصورة ؟

٢) ما المقصود بكلٍ من (Δ ل ، ف ، θ) ؟

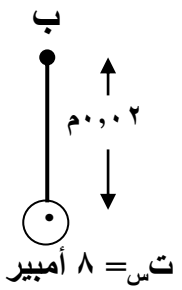
٣) ما الزاوية المحصورة بين (Δغ) وكلٍ من (Δ ل) و (ف) ؟

وزارة/ ٢٠٠٨م (س) سلك طويل مستقيم لا نهائي ، يحمل تياراً كهربائياً مقداره (٨) أمبير باتجاه خارج من الصفحة ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (١٠ X ١٠$^{-٥}$) تسلا كما في الشكل المجاور . بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه احسب :

١. القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك (س) . **غ = ١٠ X ١٠$^{-٥}$ تسلا**

٢. محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (ب) .

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



الحل : (٨ X ١٠$^{-٤}$ نيوتن/م شمالاً) ، (٢ X ١٠$^{-٥}$ تسلا شرقاً)

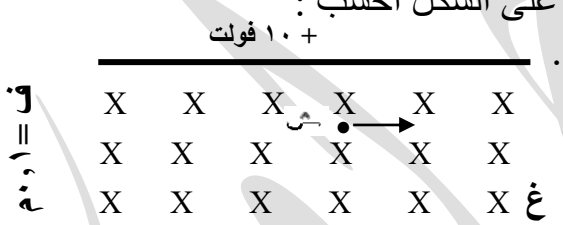
(٨ X ١٠$^{-٧}$ نيوتن للداخل) .

وزارة/ ٢٠٠٩م صفيحتان مشحونتان ومغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا ، تحرك جسيم مهمل الكتلة مشحون بشحنة موجبة مقدارها (٢ X ١٠$^{-٦}$) كولوم بسرعة (١ X ١٠^{٤}) م/ث . بالاستعانة بالقيم والاتجاهات المثبتة على الشكل احسب :

١) القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم مقداراً واتجاهاً .

٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم مقداراً واتجاهاً .

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



الحل :

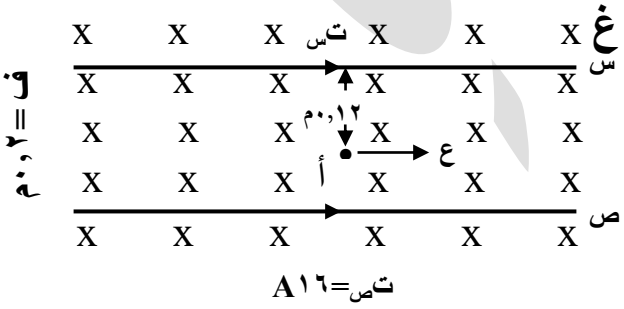
(٤ X ١٠$^{-٣}$ نيوتن شمالاً)،(٤ X ١٠$^{-٤}$ نيوتن جنوباً)،(٣٦ X ١٠$^{-٤}$ نيوتن شمالاً ، لورنتز) .

وزارة/ ٢٠٠٩م يمثل الشكل المجاور سلكين متوازيين لانهائيين في الطول ومغمورين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢X ١٠$^{-٥}$) تسلا ، يسري في كل منهما تيار كهربائي ، فإذا علمت أن المجال المغناطيسي المؤثر في النقطة (أ) والناجم عن السلك (س) يساوي (٢X ١٠$^{-٥}$) تسلا ، مستعيناً بالشكل احسب :

١- المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (أ).

٢- التيار الكهربائي المار في السلك (س).

٣- القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك نحو الشرق بسرعة (١٠^{٥}) م/ث لحظة مروره بالنقطة (أ).



الحل :

(صفر) ، (١٢ أمبير) ، (صفر) .

وزارة/ ٢٠٠٩م

يستخدم المجال المغناطيسي المنتظم في المسارعات النووية . علل ؟

الحل :

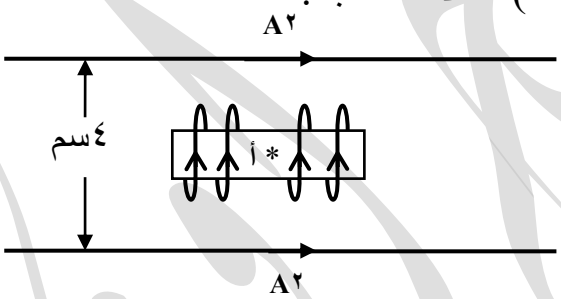
وزارة/ ٢٠١٠م : أذكر ثلاثة عوامل تؤثر في إتجاه دوران جسيم مشحون قذف عامودياً على إتجاه مجال مغناطيسي منتظم ؟

الحل :

وزارة/ ٢٠١٠م : سلكان متوازيان لانهائيان 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) لفه كما بالشكل . فإذا كان المجال المحصل عند النقطة (أ) الواقعة على محور الملف يساوي (١٦×١٠^{-٣}) تسلا ، احسب :

١) القوة المتبادلة بين السلكين والمؤثرة على وحدة الأطوال منهما .

٢) تيار الملف (ت) .

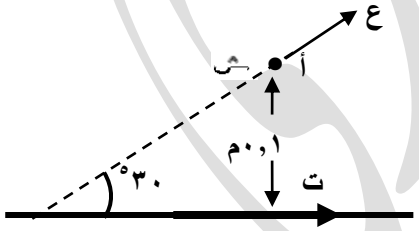


الحل : (٢×١٠^{-٥} نيوتن/م تجاذب) ، (٤ A) .

وزارة/ ٢٠١٠م : **سلك مستقيم لانهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره (١,٥) أمبير . إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة (٤×١٠^{-٩}) كولوم ومهمل الكتلة بسرعة (٥×١٠^{٤}) م/ث باتجاه يصنع زاوية (٣٠°) مع اتجاه التيار كما في الشكل ، احسب :**

١) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) .

٢) مقدار القوة التي يؤثر بها السلك في الجسيم لحظة مروره في النقطة (أ) .



الحل : (٣×١٠^{-٦} تسلا للخارج) ، (٦×١٠^{-١٠} نيوتن) .

وزارة/ ٢٠١١م : ملف لولبي طوله (٦) سم يحتوي على (٦٠٠) لفة موضوع في الهواء ويسري فيه تيار كهربائي (٨) أمبير ، أجب عما يلي : ١) ما مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة داخل الملف وتقع على محوره ؟

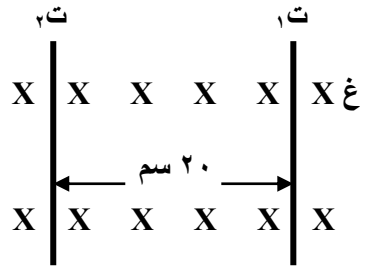
٣) ماذا يحدث لحركة إلكترون (بإهمال وزنه) عندما يقذف داخل الملف منطبقاً على المحور ؟ ولماذا ؟

الحل : ($٣٢\pi \times ١٠^{-٣}$ تسلا) .

وزارة/ ٢٠١١م : سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيان في الطول يحملان تيارين كهربائيين (ت١ ، ت٢) مغمورين في مجال مغناطيسي (٤ X ١٠^-٥) تسلا كما في الشكل ، اتزن السلكان (باهمال وزنهما) عندما كان البعد بينهما (٢٠) سم ،

١) احسب مقدار كل من التيارين ت١ ، ت٢ ؟

٢) حدد اتجاه التيار في كل سلك ؟



الحل : (A٤٠ ، A٤٠) ، (ت١ للأعلى ، ت٢ للأسفل) .

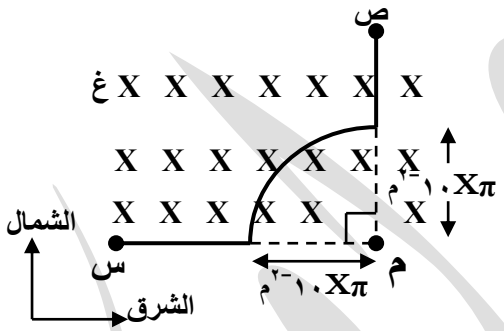
وزارة/ ٢٠١١م :

أذكر ثلاثة من العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي ؟

الحل :

وزارة/ ٢٠١١م : يمثل الشكل المجاور سلكاً (س ص) يحمل تياراً كهربائياً (ت) ومغمور في مجال مغناطيسي (٦ X ١٠^-٥) تسلا . تتحرك شحنة كهربائية نقطية (٢ X١٠^-٦) كولوم نحو الشرق بسرعة (٤ X ١٠^٥) م/ث.

احسب مقدار واتجاه التيار (ت) الذي يجعل تلك الشحنة عند مرورها بالنقطة (م) تتأثر بقوة (٤٠ X ١٠^-٦) نيوتن نحو الجنوب ؟

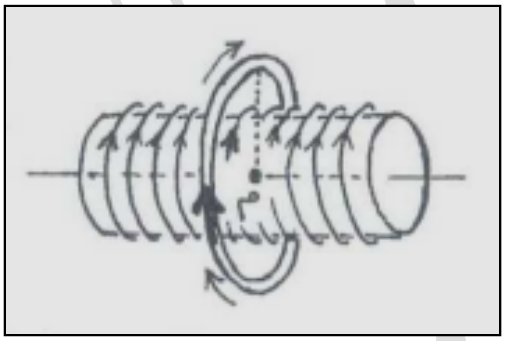


الحل :

(A ٢٢ ، ص ← س) .

وزارة ٢٠١٢م : ملف لولبي عدد لفاته (٢٥ لفة) لكل (١ سم) من طوله ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (١ أمبير) لف حول وسطه ملف آخر دائري مركزه (م) ينطبق على محور الملف اللولبي ، فاذا كان عدد لفات الملف الدائري (٤٠ لفة)، ونصف قطره (٢π سم) ، ويمر فيه تيار كهربائي مقداره (٢ أمبير) بنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي كما في الشكل.

احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (م) ؟

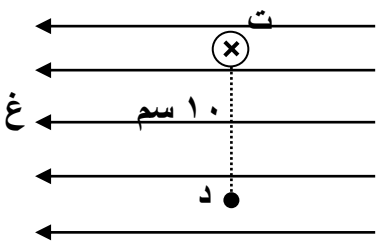


الحل : (٣٩٤ X ١٠^-٥ تسلا غرباً) .

وزارة ٢٠١٢م : سلك مستقيم لانهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً (٤٠ أمبير) ، يتجه عمودياً على مستوى الورقة ، وبعيداً عن الناظر ، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٣ X ١٠$^{-٤}$ تسلا) ، كما في الشكل المجاور ، احسب :

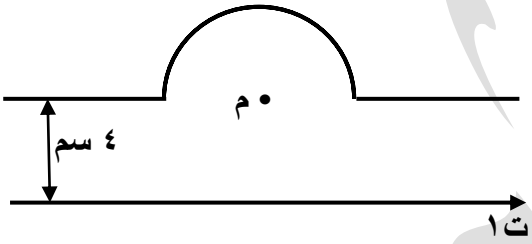
١- القوة المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك مقداراً واتجاهاً .

٢- المجال المغناطيسي عند النقطة (د) .



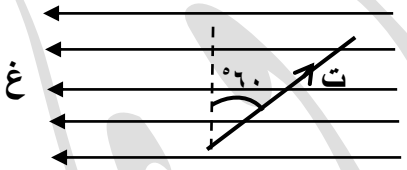
الحل : (١٢ X ١٠$^{-٣}$ نيوتن/م شمالاً) ، (٣,٨ X ١٠$^{-٤}$ تسلا غرباً) .

وزارة ٢٠١٣م : يمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول يسري فيه تياراً كهربائياً (ت١= ٨ أمبير) ويقع في مستوى الصفحة ، وسلك آخر في نفس المستوى صُنع منه نصف لفة نصف قطرها (π) سم ، ويسري فيه تياراً كهربائياً (ت٢) ، احسب مقدار التيار (ت٢) وحدد اتجاهه في السلك الثاني بحيث ينعدم المجال المغناطيسي المحصل في مركز اللفة (م) ؟



الحل : (٤ A مع عقارب الساعة) .

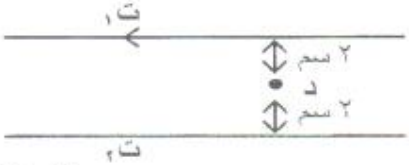
وزارة ٢٠١٣م : سلك مستقيم طوله (٢٠ سم) يسري فيه تيار كهربائي مقداره (٥ أمبير) ، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٦ تسلا) ، وكلاهما يقع في مستوى الورقة كما في الشكل . احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك وحدد اتجاهها ؟



الحل : (٠,٣ نيوتن للخارج) .

وزارة ٢٠١٣م :

ب) سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيا الطول في مستوى الصفحة يحملان تيارين (ت١= ٦ أمبير)، (ت٢) كما في الشكل، احسب مقدار واتجاه (ت٢) ليصبح المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د) يساوي (٤ × ١٠$^{-٥}$) تسلا نحو الناظر. (٨ علامات)



د) ملف لولبي طوله (٢٠π)سم، وعدد لفّاته (٤٠)لفة، يحمل تيار كهربائي (٢)أمبير. احسب: (٥ علامات)

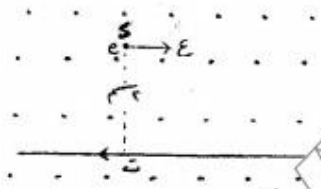
١- المجال المغناطيسي داخل الملف وعلى امتداد محوره.

٢- إذا وضع سلك مستقيم طوله (١٠)سم داخل الملف ومنطبقاً على محوره ويمر به تيار مقداره (٤)أمبير. احسب القوة المغناطيسية التي يتأثر بها السلك من مجال الملف.

(٢ A يسار) ، (١٦ X ١٠$^{-٥}$ تسلا ، صفر) .

وزارة ٢٠١٤ :

ج) سلك مستقيم طويل جداً يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٤) أمبير معمور 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 وحدّد 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. (٩ علامات)

ب) ملف دائري نصف قطره (نق) وعدد لفاته (ن) ويمر به تيار كهربائي (ت). سُحب من طرفيه باتجاه عمودي على سطحه بحيث أصبح ملفاً لولبياً، احسب طول الملف اللولبي بدلالة (نق) اللازم لجعل المجال المغناطيسي على محوره بعيداً عن الأطراف مساوياً نصف المجال المغناطيسي عند مركز الملف الدائري. (٤ علامات)

ج) قُذِف جسيم مشحون عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم، فاتخذ مساراً دائرياً. أجب عما يأتي:

١- فسر اتخاذ الجسيم مساراً دائرياً.

٢- هل يبذل المجال المغناطيسي شغلاً على الجسيم المشحون؟ فسر إجابتك.

٣- ماذا يحدث لنصف قطر المسار الدائري في الحالتين الآتيتين :

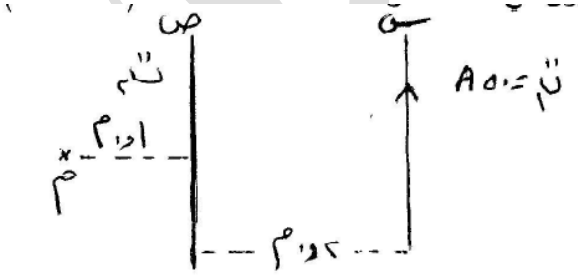
أ- إذا أصبحت سرعة الجسيم مثلي ما كانت عليه.

ب- إذا أصبح المجال المغناطيسي مثلي ما كان عليه. (٦ علامات)

(٢٠ X ١٠^-٥ نيوتن شمالاً) ، (١ X ١٠^-٥ تسلا للخارج) ، (٣,٢ X ١٠^-١٩ نيوتن شمالاً) .
(ل = ٤ نق) .

وزارة ٢٠١٤ م :

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



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

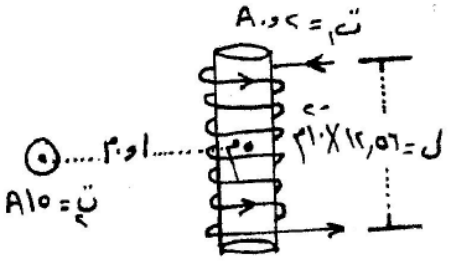
٢- القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من السلك (س) وحدّد اتجاهها. (٦ علامات)

أ) يُمثل الشكل المجاور سلك مستقيم لا نهائي الطول وملف لولبي عدد لفاته (٢٠) لفة، معتمداً على الشكل وبياناتـــــه،

احسب:

١- مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (م) والتي تقع على محور الملف اللولبي.

٢- القوة المغناطيسية مقداراً واتجاهاً المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة كهربائية (٤ × ١٠$^{-٩}$) كولوم ويتحرك بسرعة (١٠^{٧}) م/ث باتجاه الناظر لحظة مروره بالنقطة (م). (٨ علامات)

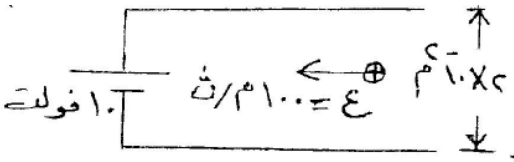


ج) يُمثل الشكل المجاور مسار جسيمين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ولهما نفس مقدار السرعة.

أجب عمّا يأتي: ١- ما نوع شحنة كل منهما؟

٢- أي الجسيمين أكبر كتلة، مفسراً إجابتك؟ (٤ علامات)

ب) يُمثل الشكل المجاور جسيم مشحون بشحنة موجبة يتحرك بسرعة ثابتة عمودياً على مجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي، معتمداً على الشكل المجاور وبياناته، احسب مقدار وحدّد اتجاه المجال المغناطيسي بين اللوحين بحيث يستمر الجسيم في حركته دون انحراف. (٥ علامات)



(١٦,٧ A ، ٨,٣ X ١٠$^{-٤}$ نيوتن/م) . (٧٠ ميكروتسلا شمالاً ، ٢,٨ ميكرونيوتن غرباً) .
(٥ تسلا للخارج)

٢٠١٥ شتوي

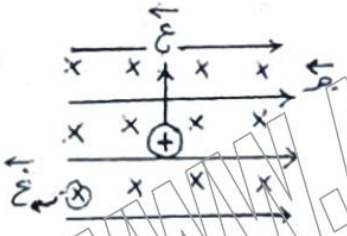
ب) الشكل المجاور يمثل مجال كهربائي منتظم يؤثر نحو اليمين ومتعامداً مع مجال مغناطيسي منتظم مبتعداً عن الناظر، تحركت شحنة كهربائية موجبة تحت تأثير المجالين بسرعة ثابتة نحو الأعلى. (٥ علامات)

اعتماداً على الرسم أجب عما يأتي:

١. ماذا تُسمى محصلة القوى المؤثرة على هذه الشحنة؟

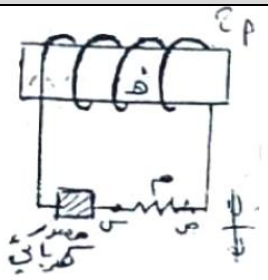
٢. احسب سرعة الشحنة إذا كان مقدار المجال الكهربائي (٤٠٠) فولت/م ، والمجال المغناطيسي (٠,٨) تسلا.

٣. صف حركة الشحنة الكهربائية إذا كانت الشحنة سالبة. فسّر إجابتك.



ثانياً: في الشكل المجاور ملف لولبي طوله ($\pi \times 10^{-2}$) م وعدد لفاته (٥٠) لفة ، متصل مع مقاومة (م) ومصدر كهربائي وعند مرور تيار في الملف تكوّن مجال مغناطيسي عند النقطة (هـ) التي تقع على محور الملف مقداره (12×10^{-2}) تسلا بحيث تكوّن على الطرف (أ) قطب مغناطيسي جنوبي.

أوجد مقدار واتجاه التيار المار في المقاومة (م).



ثانياً: أدخلت أربعة جسيمات (١) ، (٢) ، (٣) ، (٤) متساوية في الكتلة والسرعة فقط باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم متخذة المسارات الموضحة بالرسم المجاور.

أجب عما يأتي:

١. حدّد نوع الشحنة الكهربائية لكل من الجسيمات الأربعة.

٢. رتّب الجسيمات تنازلياً حسب مقدار الشحنة الكهربائية.

ب) سلكان مستقيمان لا نهائيي الطول ومتوازيان وعموديان على الصفحة كما في الشكل ويحملان تيارين. والنقطة (هـ) تقع في مستوى الصفحة. اعتماداً على القيم الواردة في الشكل المجاور احسب ما يأتي: (٧ علامات)

١. القوة المغناطيسية التي يؤثر بها السلك الأول على (٠,٢٥) م من طول السلك الثاني.

٢. مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ).

(٥٠٠ م/ث) ، (٦٠ A ، ص ⟵ س) ، ($3,6 \times 10^{-6}$ نيوتن لليسار ، 5×10^{-6} تسلا) .

٢٠١٥ صيفي

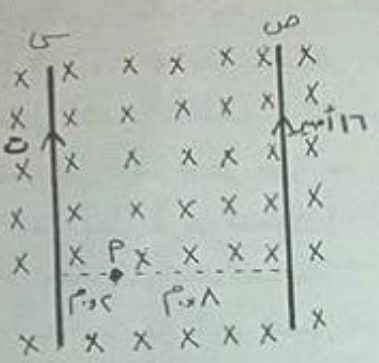
ب) (س ، ص) سلكان مستقيمان لا نهائيي الطول ومتوازيان مغموران في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (2×10^{-5}) تسلا، يسري في كل منهما تيار كهربائي كما في الشكل المجاور، إذا علمت أن المجال المغناطيسي عند النقطة (أ) والناتج عن السلك (س) يساوي (2×10^{-5}) تسلا. (١٠علامات)

معتمدًا 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 الأطوال من السلك (ص).

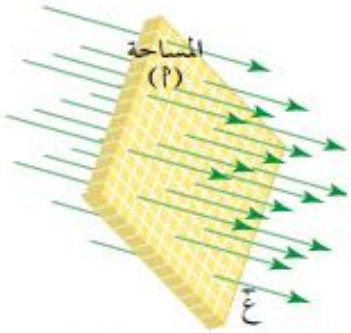


(٢٠ A ، $3,6 \times 10^{-5}$ تسلا للداخل ، $38,4 \times 10^{-5}$ نيوتن لليسار) .

الفصل السادس

الحث الكهرومغناطيسي

التدفق المغناطيسي



الشكل (٦-١): التدفق المغناطيسي عبر سطح معين.

- يمكن حساب التدفق المغناطيسي عبر أي سطح كما يلي :

$$Ø = غ . أ = غ أ جتا θ$$

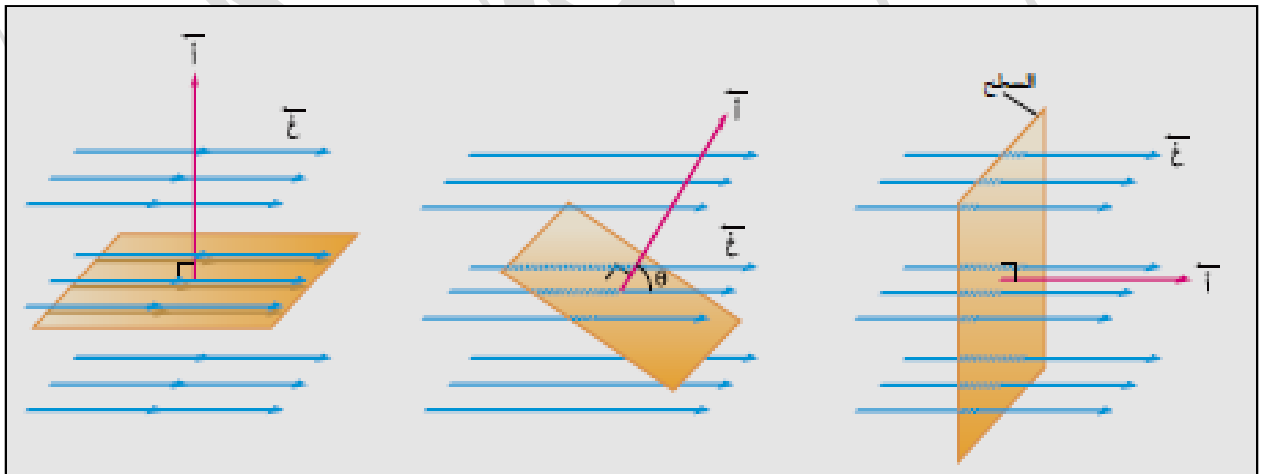
غ :- المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح .
أ :- متجه مساحة السطح . (م^{٢})
Ø :- التدفق المغناطيسي . (ويبر) (تسلا . م^{٢}) .
θ :- الزاوية المحصورة بين (غ) & (أ) .

* وحدة التدفق المغناطيسي هي (تسلا . م^{٢}) وتسمى (ويبر) .

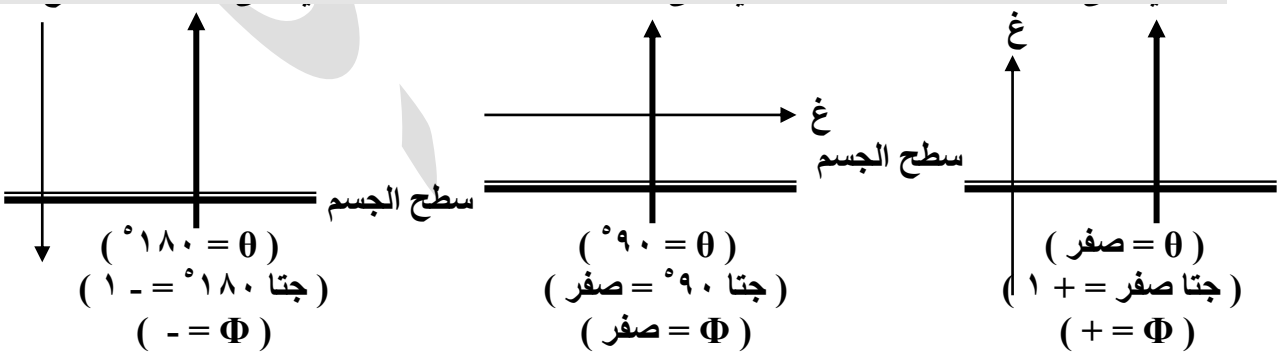
- التدفق المغناطيسي : هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطحاً ما عمودياً عليه .
- الويبر : التدفق المغناطيسي عبر وحدة المساحة من سطح ما عندما يخترقه عمودياً مجال مغناطيسي مقداره (١ تسلا) .

* انتبه : (Φ) : التدفق المغناطيسي ، (ΔΦ) : التغير في التدفق المغناطيسي .

* لاحظ الأشكال التالية التي تبين تأثير الزاوية (θ) على مقدار التدفق .

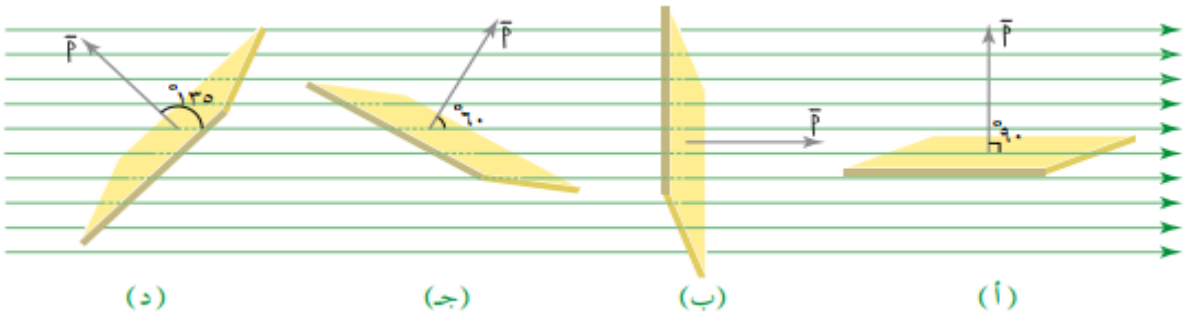


الشكل (٤-٣): مفهوم التدفق المغناطيسي.



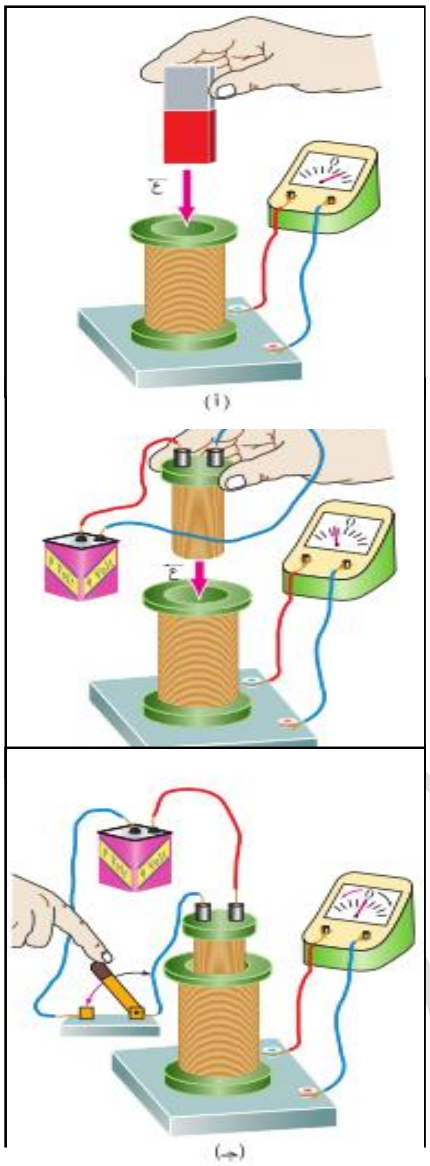
مثال : احسب التدفق المغناطيسي عبر سطح مساحته (٢ م٢) مغمور في مجال مغناطيسي مقداره (٤ تسلا) ، اذا كان متجه المساحة :

١) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي .
٢) موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي .
٣) يصنع زاوية (٦٠°) مع اتجاه المجال المغناطيسي .
٤) يصنع زاوية (١٣٥°) مع اتجاه المجال المغناطيسي .



- حل الاسئلة صفحة (١٦٨) .

لقد وجدت أنك إذا أحببت الحياة ... فإنها سوف تحبك بدورها ...



- **عند تغير التدفق المغناطيسي (ØΔ) عبر موصل تنشأ داخل الموصل قوة دافعة كهربائية حثية (قَد) تعمل على توليد تيار كهربائي في الموصل يسمى التيار الحثي (تَ).**

*** بعض الحالات التي يمكن فيها توليد تيار حثي :-**

١- اقتراب مغناطيس من ملف :- يعمل على زيادة التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف.

٢- ابتعاد مغناطيس عن الملف :- يعمل على تقليل التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف .

٣- لحظة إغلاق الدارة الكهربائية أو فتحها :- زيادة التدفق لحظة الإغلاق وانخفاضه لحظة فتح الدارة .

٤- تغيير مقاومة الدارة :- ينتج عنه تغير التيار بالدارة أي تغير المجال المغناطيسي الناشئ عنه .

٥- توصيل الملف بمصدر للتيار المتناوب :- بزيادة التيار وانخفاضه يتغير التدفق تباعاً مما يعمل على تولد (قَد) .

*** في جميع الحالات السابقة نلاحظ انحراف مؤشر الغلفانوميتر ، مما يدل على توليد تيار كهربائي (بالرغم من عدم وجود بطارية) ، ويسمى هذا التيار التيار الحثي ، وسببه : (التغير في التدفق المغناطيسي) .**

*** (إذا تحرك الموصل باتجاه يوازي خطوط المجال فإنه لا ينشأ تيار حثي لأن الموصل لا يقطع خطوط المجال المغناطيسي) .**

*** ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي : ظاهرة توليد التيار الحثي بسبب تغير التدفق المغناطيسي عبر ملف .**

*** التيار الحثي : التيار المتولد في ملف نتيجة التغير في التدفق المغناطيسي عبره .**

*** لحظة انعدام التغير في التدفق المغناطيسي ينعدم التيار في الدارة .**

*** يعتمد تغيير التدفق المغناطيسي على العوامل التالية :-**

١- تغيير المغناطيس بآخر أقوى أو أضعف بحيث يعطي مجال مغناطيسي أكبر أو أقل (غ) .
٢- تغيير مساحة الملف (إدخال الملف تدريجياً للمجال ، أو دوران الملف) (أ) .
٣- تغيير الزاوية بين المجال ومستوى الملف (θ) .

- يمكن حساب التغير في التدفق المغناطيسي في حالة تغير عامل واحد فقط كما يلي :

- اذا تغيرت قيمة (غ) فإن التدفق المغناطيسي على السطح يتغير كما يلي :
  $\Delta\Phi = \Delta$غ أ جتا θ = (غ$_{٢}$ – غ$_{١}$) أ جتا θ

- اذا تغيرت المساحة (أ) فإن التدفق المغناطيسي على السطح يتغير كما يلي :
  $\Delta\Phi$ = غ Δأ جتا θ = غ (أ$_{٢}$ – أ$_{١}$) جتا θ

- اذا تغيرت الزاوية (θ) فإن التدفق المغناطيسي على السطح يتغير كما يلي :
  $\Delta\Phi$ = غ أ Δجتا θ = غ أ (جتا $\theta_{٢}$ ـ جتا $\theta_{١}$)

مثال : مجال مغناطيسي شدته (٧) تسلا يؤثر في سطح مساحته (٤) م٢ باتجاه عمودي عليه ، اذا أصبحت مساحة السطح (٢) م٢ ، احسب التغير في التدفق المغناطيسي على السطح ؟

الحل :

$\Delta\Phi$ = غ Δأ جتا θ = غ (أ$_{٢}$ – أ$_{١}$) جتا θ

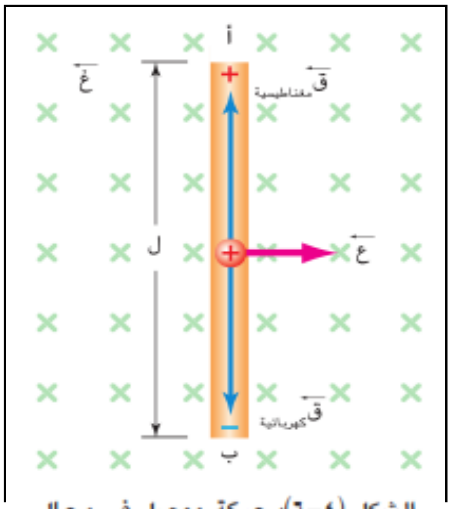
= ٧ X (٢ – ٤) X ١

$\Delta\Phi$ = ـ ١٤ ويبر .

سؤال : رتب حدوث ما يلي أثناء حركة ملف في مجال مغناطيسي :
(تَ ، $\Delta\Phi$ ، Δغ ، قَ$_{د}$) ؟

الحل :

القوة الدافعة الكهربائية الحثية وقانون فارادي في الحث



الشكل (٤-٦): حركة موصل في مجال مغناطيسي منتظم.

* في الشكل المجاور موصل يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم بسرعة ثابتة (ع) باتجاه عامودي على خطوط مجال مغناطيسي (غ) يتجه عامودياً على الصفحة نحو الداخل . سيؤثر المجال المغناطيسي على الشحنات الموجبة الموجودة داخل الموصل بقوة مغناطيسية من (ب ← أ) وتساوي (ق مغناطيسية = ش (ع × غ) .
مما يؤدي لزيادة تركيز الشحنات الموجبة عند النقطة (أ) والشحنات السالبة عند النقطة (ب) مولداً بذلك مجالاً كهربائياً داخل الموصل يتجه من (أ ← ب) ، [أي عكس القوة المغناطيسية]

* تستمر الشحنات بالتجمع حتى تتزن القوة الكهربائية للأسفل (م ش) والقوة المغناطيسية للأعلى (ش ع × غ) . عندها تتوقف حركة الشحنات باتجاه طرفي الموصل ، كما يلي :-

ق ك = ق غ ← ش م = ش ع × غ ← م = ع × غ

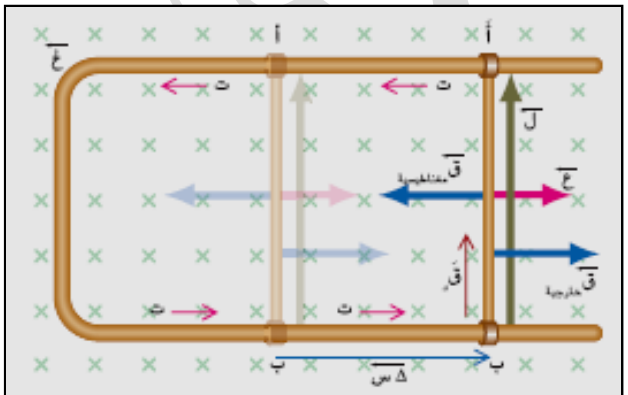
ومنها جـ = ل ع غ وهو الجهد المتولد بين طرفي الموصل .

جـ = م ل

م = جـ / ل

جـ : نفسها القوة الدافعة الكهربائية الحثية .

- **يبقى هذا الجهد موجوداً ما دام الموصل متحركاً ، أما عند توقف الموصل فتتلاشى القوة المغناطيسية بسبب (ع = صفر) للشحنات الموجبة والسالبة .**



الشكل (٤-٧): تولّد قوة دافعة كهربائية حثّية بتغيّر المساحة.

- عند وصل طرفي الموصل (أب) بسلك خارجي على شكل حرف (U) بحيث ينزلق الموصل على السلك ، وأثرت قوة خارجية على الموصل (أب) وحركته بسرعة ثابتة (قَم = صفر) نحو اليمين باتجاه عامودي على خطوط المجال المغناطيسي ، منها سيتولد تيار حثي بالاتجاه المبين في الشكل المجاور ، يتأثر الموصل بقوة مغناطيسية تؤثر في التيار الذي يسري في الموصل يكون اتجاهها نحو اليسار تساوي القوة الخارجية مقداراً وتعاكسها اتجاهاً .

قال صلى الله عليه وسلم :
لو تعلمون ما أُدّخر لكم ما حزنتم على ما زوي عنكم ....

- حسب قانون فارادي تكون **القوة الدافعة الكهربائية الحثية الكلية المتوسطة** تساوي :-

$$\text{ق}_{\text{د}} = - \text{ن} \frac{\Delta \Phi}{\Delta \text{ز}}$$

(قانون فارادي في الحث الكهرومغناطيسي)
(للملفات فقط)

*** نص قانون فارادي: (متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في ملف يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه الدارة) .**

مثال : غُمر ملف عدد لفاته (٥٠٠٠ لفة) في مجال مغناطيسي منتظم ، فكان التدفق المغناطيسي عبره (٠،٦ ويبر) ، احسب :

١) متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر فيه خلال (٠،٢ ث) .

٢) متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف اذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (٠،١ ث) .

٣) المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عندما يصبح متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية (- ١٠٠٠) فولت .

*** ينعدم : يتلاشى التدفق المغناطيسي ليصبح ($\Phi_{٢}$ = صفر) .**

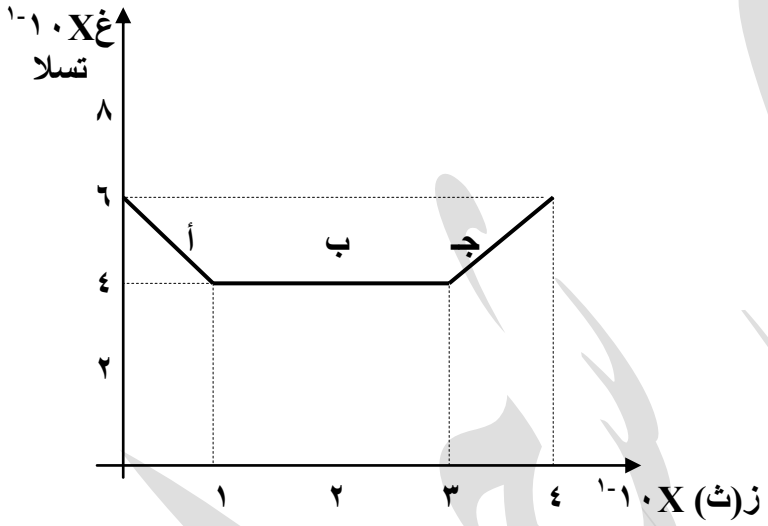
*** ينعكس : يبقى مقدار التدفق ثابت لكن يأخذ اشارة سالب ليصبح ($\Phi_{٢}$ = - ٠،٦ ويبر) .**

مثال : يتغير المجال المغناطيسي الذي يخترق ملف يتحرك فيه مغناطيس بالنسبة للزمن وفق الرسم البياني التالي ، اذا علمت ان عدد لفات الملف (٢٠٠٠ لفة) ، مساحة مقطع اللفة الواحدة (٨٠ سم٢) ، واتجاه المجال المغناطيسي يوازي متجه المساحة ، أجب عما يلي :

١) احسب التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف في الفترات الزمنية (أ ، ب ، جـ) .

٢) احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف في الفترات الزمنية (أ ، ب ، جـ) .

٣) مثل بيانياً العلاقة بين متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية والزمن في الفترات (أ ، ب ، جـ) .



مثال : يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢،. تسلا) عمودياً في مستوى لفات ملف لولبي عدد لفاته (٥٠٠ لفة) ومساحة اللفة الواحدة (١٠٠ سم^{٢}) ، احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة عندما :-

١- ينعدم المجال المغناطيسي في أثناء فترة زمنية = ١،. ث .

٢- ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي في أثناء فترة زمنية = ١،. ث .

الحل:-

*** ينعدم : يتلاشى المجال المغناطيسي ليصبح (غ$_{٢}$ = صفر) .**

*** ينعكس : يبقى مقدار المجال ثابت لكن ينعكس اتجاهه بمقدار (١٨٠^{٥}) ليصبح (غ$_{٢}$ = - ٢،. تسلا) .**

١) قَ$_{د}$ = - ن $\frac{\Delta\Phi}{\Delta ز}$ = - ٥٠٠ X $\frac{-٠,٠٠٢}{٠,١}$

قَ$_{د}$ = ١٠ فولت .

ΔΦ = Δغ أ جتا θ

= (٠ – ٢،.) X١X١٠$^{-٢}$X١

= - ٢..،. ويبر .

٢) قَ$_{د}$ = - ن $\frac{\Delta\Phi}{\Delta ز}$ = - ٥٠٠ X $\frac{-٠,٠٠٤}{٠,١}$

قَ$_{د}$ = ٢٠ فولت .

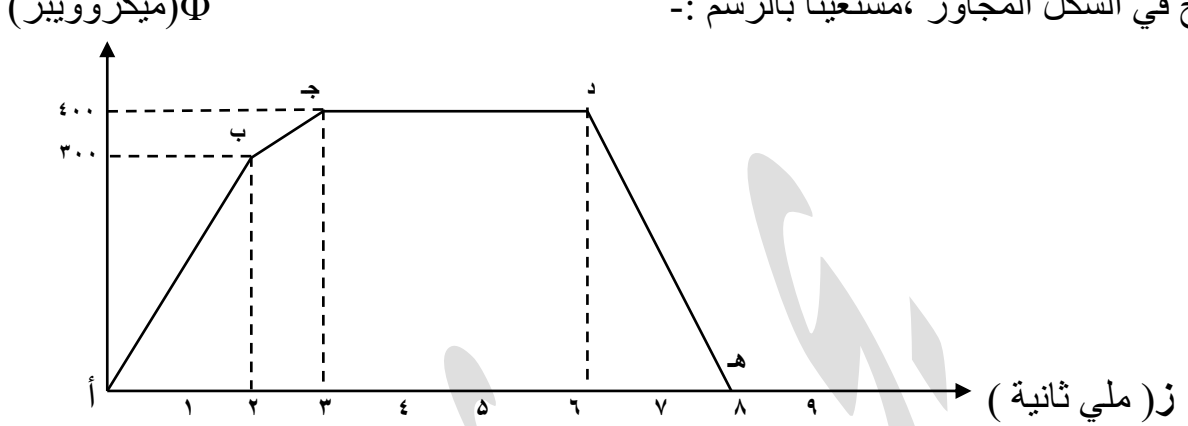
ΔΦ = Δغ أ جتا θ

= (- ٢،. – ٢،.) X١X١٠$^{-٢}$X١

= - ٠,٠٠٤ ويبر .

مثال :-

يتغير التدفق المغناطيسي خلال ملف عدد لفاته (١٠٠٠ لفة) ، حسب المنحنى البياني الموضح في الشكل المجاور ،مستعيناً بالرسم :-



١ - احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة في كل مرحلة من مراحل تغير التدفق .

٢ - ارسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية والزمن .

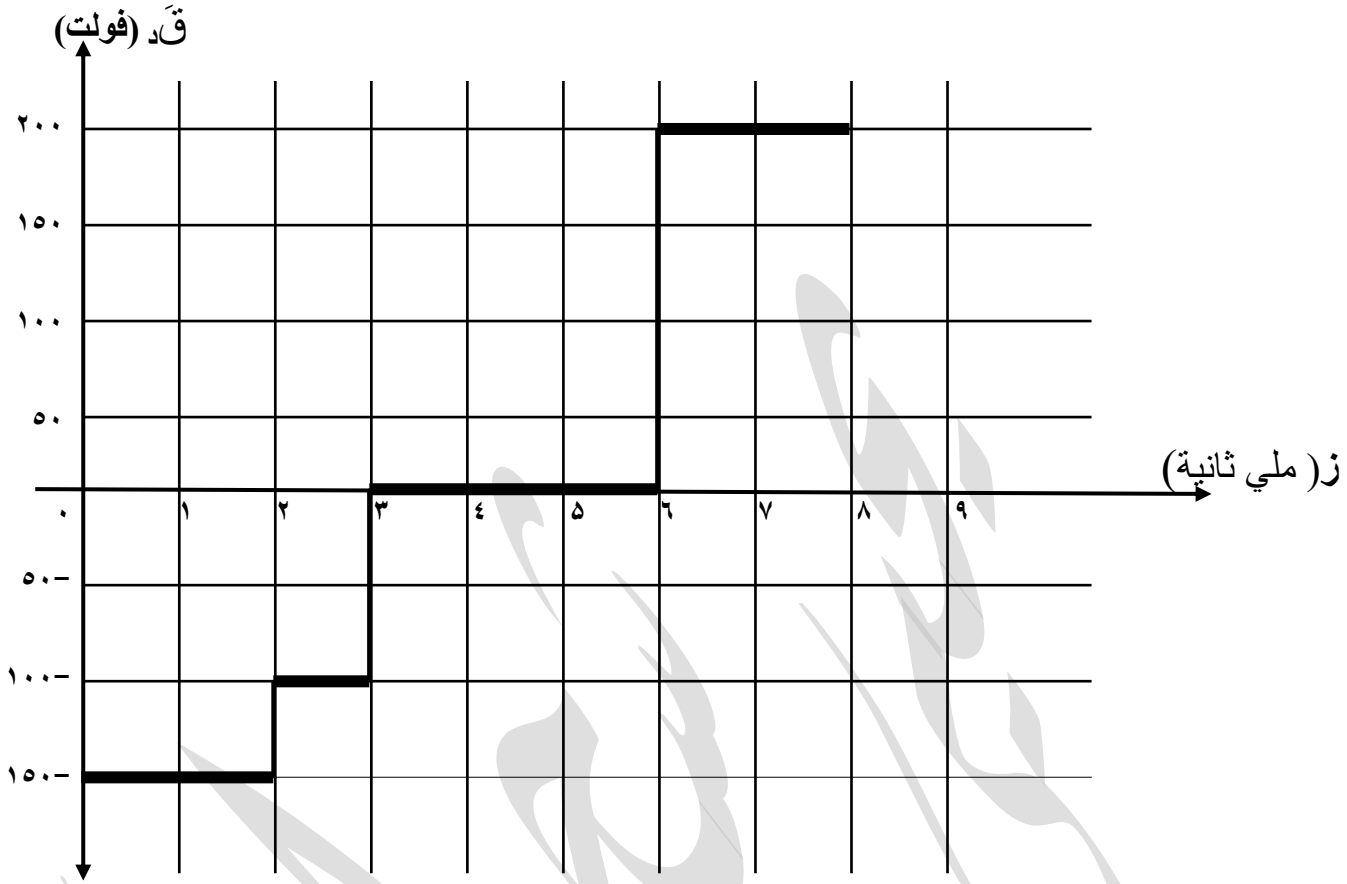
الحل :-

١) $\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ن}\ \frac{\Delta\Phi_{\text{أب}}}{\Delta\text{ز}} = -١٠^{٣}\ \frac{(٣٠٠-٠)\ ١٠^{-٦}}{(٢-٠)\ ١٠^{-٣}}$ **= - ١٥٠ فولت .**

$\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ن}\ \frac{\Delta\Phi_{\text{ب جـ}}}{\Delta\text{ز}} = -١٠^{٣}\ \frac{(٤٠٠-٣٠٠)\ ١٠^{-٦}}{(٣-٢)\ ١٠^{-٣}}$ **= - ١٠٠ فولت .**

$\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ن}\ \frac{\Delta\Phi_{\text{جـ د}}}{\Delta\text{ز}} = -١٠^{٣}\ \frac{(٤٠٠-٤٠٠)\ ١٠^{-٦}}{(٦-٣)\ ١٠^{-٣}}$ **= صفر .**

$\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ن}\ \frac{\Delta\Phi_{\text{د هـ}}}{\Delta\text{ز}} = -١٠^{٣}\ \frac{(٠-٤٠٠)\ ١٠^{-٦}}{(٨-٦)\ ١٠^{-٣}}$ **= ٢٠٠ فولت .**


قَد (فولت)
٢٠٠
١٥٠
١٠٠
٥٠
٠
٥٠-
١٠٠-
١٥٠-
١
٢
٣
٤
٥
٦
٧
٨
٩
ز(ملي ثانية)

(مهم)**سؤال :** مجال مغناطيسي مقداره ١,٦ تسلا وُضع به ملف بحيث يكون مستواه عامودياً على خطوط المجال عدد لفاته ٢٠٠ لفة ومقاومته ٢٠ أوم ومساحة مقطعه ٠,٢ م^{٢} ، بعد ذلك تلاشى المجال المغناطيسي في زمن مقداره ٢٠ ملي ثانية ، احسب : مقدار التيار الحثي الذي يسري بالملف؟

الحل :

- حل الاسئلة صفحة (١٧٣) .

- تتولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل مستقيم يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم ، وتعطى بالعلاقة التالية :

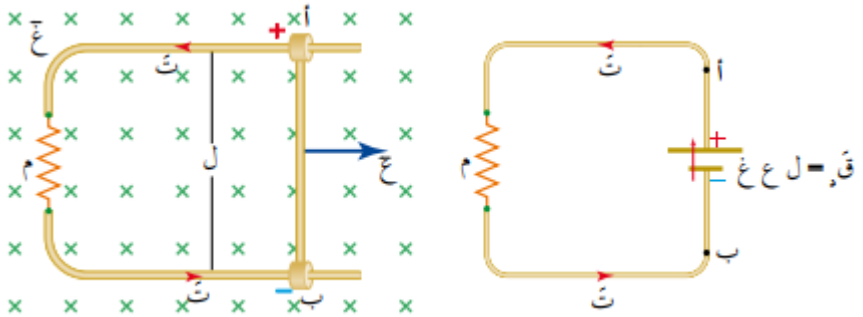
$$قَ_د = ل \, ع \, غ$$

ويعطى التيار الكهربائي الحثي المتولد بالسلك الموصل (ملف وسلك مستقيم) بالعلاقة التالية :

$$تَ = \frac{قَ_د}{م} \quad ، \quad تَ = \frac{ل \, ع \, غ}{م}$$ ، للسلك المستقيم فقط .

- **(مهم) يتم تحديد اتجاه التيار الحثي بأي دارة مغلقة كما يلي :**

طبق قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في الشحنات الموجبة بالسلك ، (ع) مع اتجاه الابهام ، (غ) مع اتجاه اصابع اليد الأربعة ، فيكون اتجاه التيار الحثي مع اتجاه القوة الناشئة عامودياً على راحة اليد (الشحنة الموجبة) .



مثال :-

طائرة طول جناحيها (٧٠م) ، تطير **أفقياً** بسرعة (٧٢٠ كم / ساعة) في المجال المغناطيسي الأرضي الذي مركبته **الرأسية** تساوي (٤×١٠^-٥ تسلا) ، فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة بين طرفي جناحيها ؟

الحل :-

$$قَ_د = ل \, ع \, غ$$

$$= ٧٠ \times ٢٠٠ \times ٤ \times ١٠^{-٥}$$

$$= ٥٦ \times ١٠^{-٢} \text{ فولت} .$$

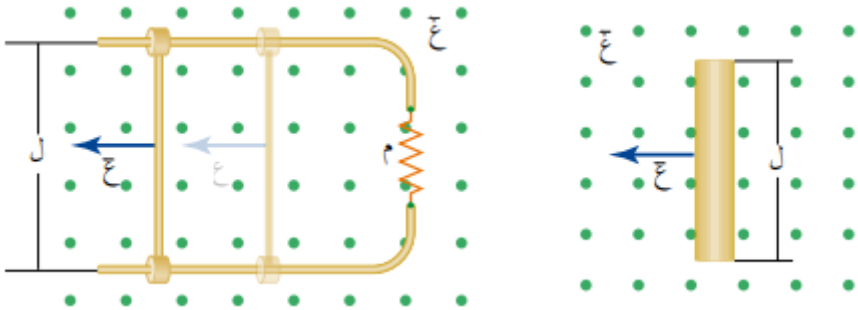
$$ع = \frac{٧٢٠}{٣,٦} = ٢٠٠ \text{ م/ث}$$

مثال : يوضح الشكل التالي موصل مستقيم طوله (٤٠ سم) ، ويتعامد طوله مع مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢ تسلا) ، اذا تحرك الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (٨٠ سم / ث) كما بالشكل ، أجب عما يلي :

١) احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الموصل .

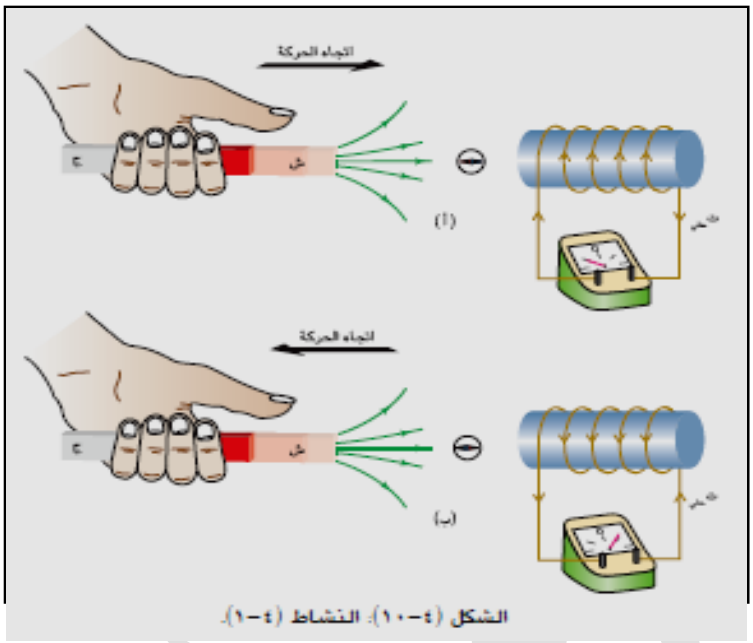
٢) احسب التيار الكهربائي الحثي المتولد بالموصل اذا علمت أن مقاومة الموصل (٨،. Ω) .

٣) هل يتغير متوسط القوة الدافعة الحثية اذا كان طول الموصل موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي ؟ وضح اجابتك .



- حل الاسئلة صفحة (١٧٦) .

قانون لنز

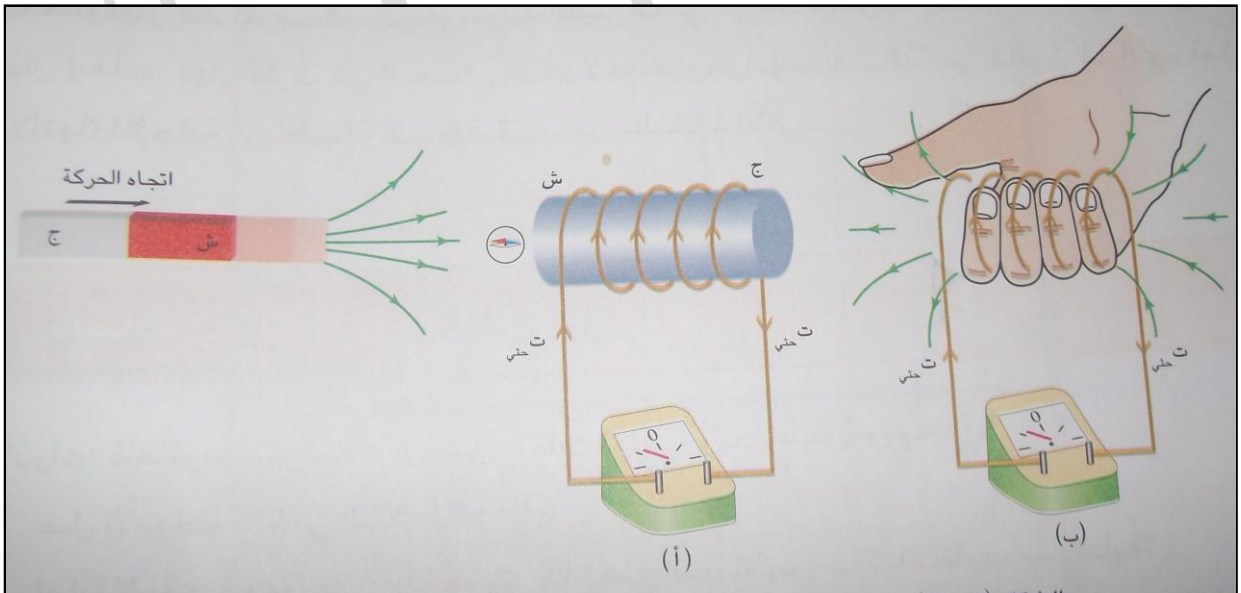


الشكل (٤-١٠): النشاط (٤-١).

* في الشكل المجاور نلاحظ عند تقريب القطب الشمالي و إبعاده حركة مؤشر الغلفانوميتر مما يدل على تولد تيار حثي ، ومع تغيير القطب الجنوبي نلاحظ تولد تيار حثي بالملف باتجاهين مختلفين أثناء تقريب المغناطيس وإبعاده .

* لتفسير ذلك الأمر لاحظ أن الملف يحاول عدم التغيير في مقدار التدفق خلاله ، فعند اقتراب المغناطيس من الملف يزداد التدفق الذي يخترقه ، فتغير التدفق المغناطيسي يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف لإبقاء التدفق كما هو أي معاكس للتدفق الحاصل ، فيمر فيه تيار حثي في الإتجاه الذي يجعل طرفه القريب من المغناطيس قطباً يتنافر مع قطب المغناطيس ليقاوم اقترابه .

* أما في حالة الإبتعاد فإن التدفق يقل فيمر في الملف تيار حثي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم النقص في التدفق ، فيكون الطرف القريب من الملف قطباً جنوبياً ، والشكل **التالي يوضح طريقة تطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار الحثي في ملف لولبي بعد تحديد قطبيه .**



الشكل (٤-١١): تحديد اتجاه التيار الحثّي في ملف لولبي باستخدام قاعدة لنز.

الشخص الذي لا يشرق وجهه بالنور ... لن يصبح نجماً أبداً ...

* هذه النتيجة تعرف **بقانون لنز** الذي نصه :
(اتجاه التيار الحثي في ملف يكون بحيث ينتج منه مجال مغناطيسي حثي يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب له) .

*** إذن الإشارة السالبة الموجودة في قانون فارادي (قَد = - ن ΔØ / Δ ز) تعني ان التيار الحثي المتولد في الموصل أو الملف يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .**

*** إذا كان التدفق في زيادة (موجب) تكون قَد سالبة (عكسية)** أي يتولد تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي حثي يعمل على إنقاص التدفق المغناطيسي عبر الدارة .

*** Δغ + ⟵ ΔΦ + ⟵ قَد - ⟵ Δغَ (معاكس لإتجاه غ الأصلي)**

*** إذا كان التدفق في نقصان (سالب) تكون قَد موجبة (طردية)** أي يتولد تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي حثي يعمل على زيادة التدفق المغناطيسي عبر الدارة .

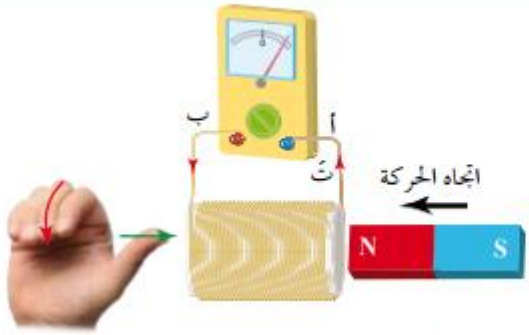
*** Δغ - ⟵ ΔΦ - ⟵ قَد + ⟵ Δغَ (مع إتجاه غ الأصلي)**

*** قاعدة :**
(عند اقتراب مغناطيس من ملف فإن طرف الملف القريب من المغناطيس المقتـــرب يكون له قطب حثي مشابه لنوع القطب المقترب ، وعند ابتعاد المغناطيس عن الملف فإن طرف الملف القريب من المغناطيس المبتعد يكون له قطب حثي مخالـــــف لنوع القطب المبتعد) .

*** لايجاد اتجاه التيار الحثي المتولد عن طريق قاعدة لنز يلزم تحديد أمرين :**
١) تحديد اتجاه المجال المغناطيسي .
٢) تحديد تغير المجال (إما زيادة أو نقصان) .

مثال (٦-٥)

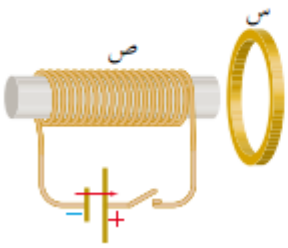
حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في لفات الملف نتيجة حركة المغناطيس بالاتجاه الموضح في الشكل (٦-١٤).



الحل:

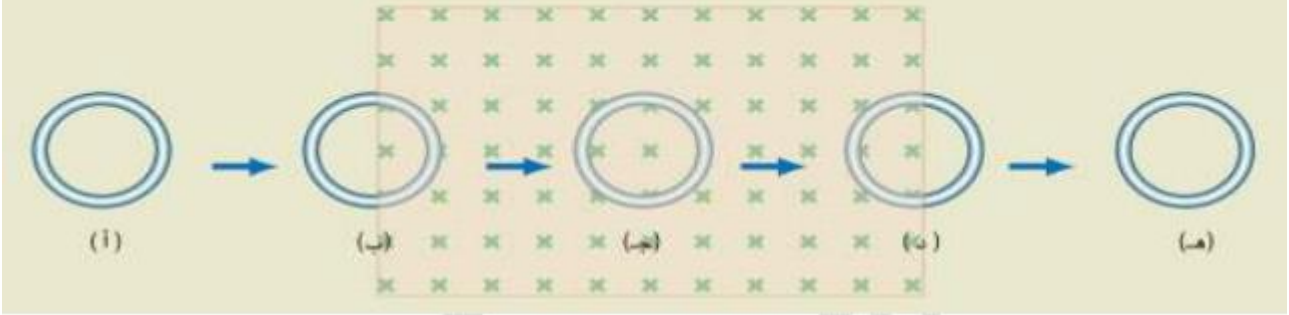
مثال (٦-٦)

حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في لفات الملف الدائري (س) لحظة إغلاق المفتاح في دارة المغناطيس الكهربائي (ص) كما في الشكل (٦-١٥/أ).



مثال :

حلقة دائرية من مادة موصلة تدخل تدريجيًا في منطقة مجال مغناطيسي منتظم، كما يبيّن الشكل التالي ، حدّد اتجاه التيار الحثّي المتولّد في كل حالة ، مع بيان السبب.

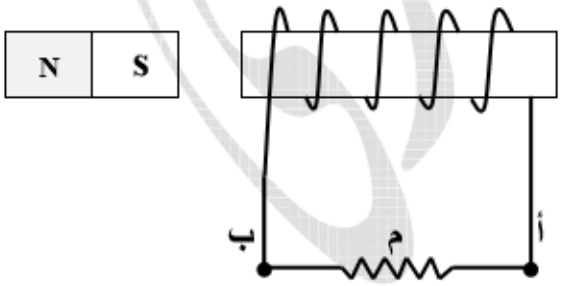


- **الحالتان (أ ، هـ) : لا يتولد تيار حثي بسبب عدم وجود مجال مغناطيسي يخترق الملف .**
- **الحالة (جـ) : لا يتولد تيار حثي بسبب ثبات التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف .**
- **الحالة (ب) : مع دخول الملف لمنطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق للداخل ، مما يولد داخل الملف قوة دافعة كهربائية حثية تولد بدورها تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي حثي يقاوم هذه الزيادة أي يكون اتجاهه للخارج ، وبتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى نجد أن اتجاه التيار الحثي المتولد بالملف يكون عكس عقارب الساعة .**
- **الحالة (د) : مع خروج الملف من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق للداخل ، مما يولد داخل الملف قوة دافعة كهربائية حثية تولد بدورها تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي حثي يقاوم هذا النقصان أي يكون اتجاهه للداخل ، وبتطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى نجد أن اتجاه التيار الحثي المتولد بالملف يكون مع عقارب الساعة .**

سؤال : حدد اتجاه التيار الحثي في المقاومة في الشكل المقابل ، مع بيان السبب :

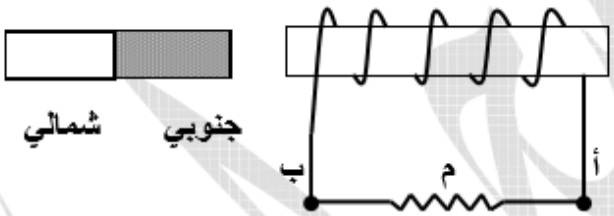
١ـ عند اقتراب المغناطيس من الملف .

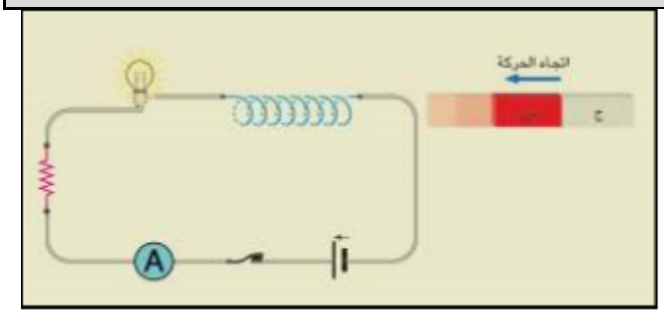
٢ـ عند ابتعاد المغناطيس عن الملف .



سؤال :

في الشكل المجاور ، اذا علمت ان اتجاه التيار الحثي بالمقاومة (أ ⟵ ب) ، وضح اتجاه حركة المغناطيس ؟





انتبه :

** في حال وجود دارة كهربائية بداخلها مصباح
أو جهاز الاميتر يكون السؤال غالباً هو :
تحديد زيادة اضاءة المصباح أو نقصانها ....
أو تحديد زيادة قراءة الاميتر أو نقصانها ....

مفتاح الحل :

تحديد اتجاه التيار الحثي المتولد بالدارة
وايجاد محصلة التيارين الاصلي والحثي ،
فاذا كانا بنفس الاتجاه يزداد قيمة التيار الكلي وتزداد قراءة الاميتر واضاءة المصباح ،
واذا كانا متعاكسان تقل قيمة التيار الكلي وتقل قراءة الاميتر واضاءة المصباح .

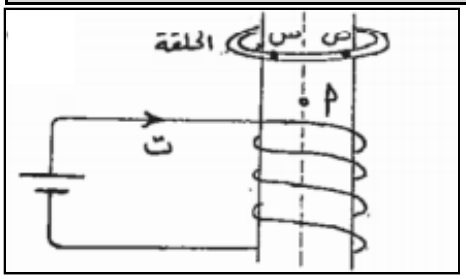
سؤال : في الشكل السابق هل تزداد اضاءة المصباح أم ستقل ، فسر اجابتك ؟

- حل الاسئلة صفحة (١٨٠) .

وزارة ٢٠١١م : أسقطت حلقة فلزية وهي في وضع أفقي باتجاه محور ملف لولبي كما هو مبين في الشكل ، أجب عما يلي :

١) ما القطب المغناطيسي الذي يمثله الرمز (أ) ؟

٢) كيف يتغير التدفق المغناطيسي المتولد في الحلقة عبر الجزء القريب من الناظر (س ص) ؟

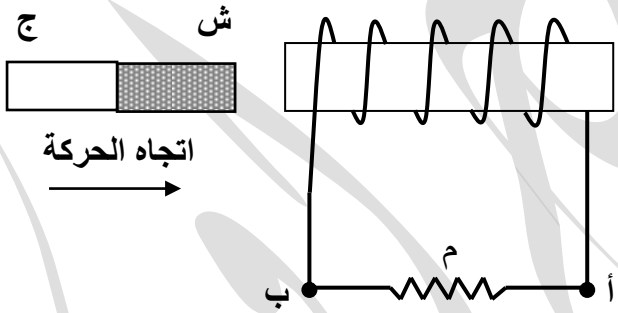


الحل :

وزارة ٢٠١٣م : عند تقريب مغناطيس من ملف كما في الشكل ، حدد كل من :

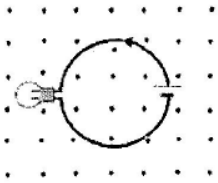
١. أقطاب الملف .

٢. اتجاه التيار الحثي في المقاومة (م) مفسراً سبب تولد التيار الحثي .



الحل :

مثال :



د) مصباح مضيء يتصل مع حلقة دائرية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم عمودياً على مستوى الحلقة كما في الشكل المجاور.

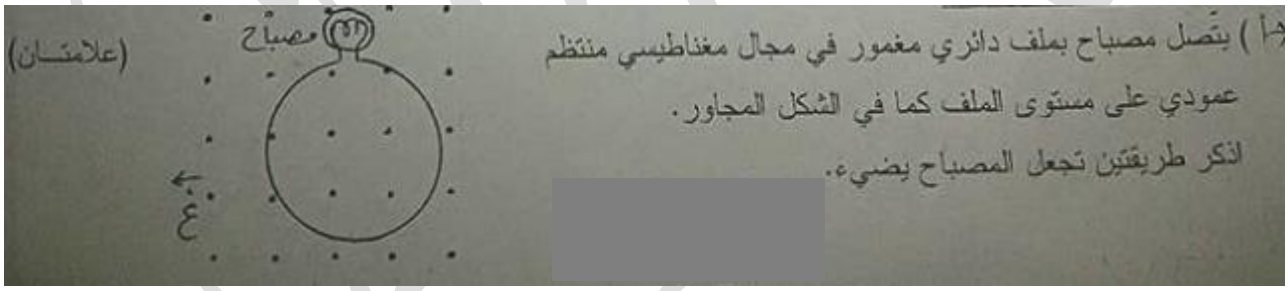
ماذا يحدث لإضاءة المصباح مفسراً إجابتك في الحالتين الآتيتين:

١- عند حركة الحلقة داخل المجال بحيث يبقى مستواها عمودياً على المجال.

٢- أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال. (٤ علامات)

الحل :

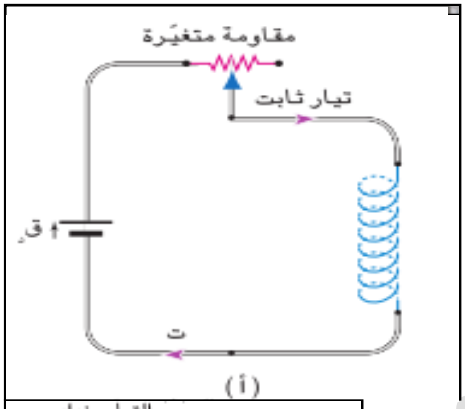
٢٠١٥ :



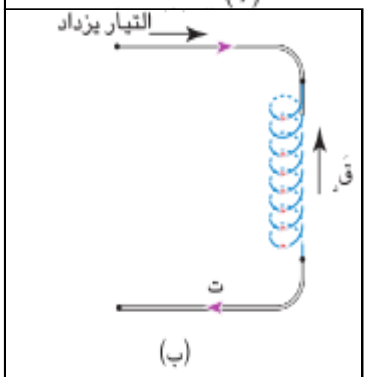
(أ) يتصل مصباح بملف دائري مغمور في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على مستوى الملف كما في الشكل المجاور.

اذكر طريقتين تجعل المصباح يضيء. (علامتان)

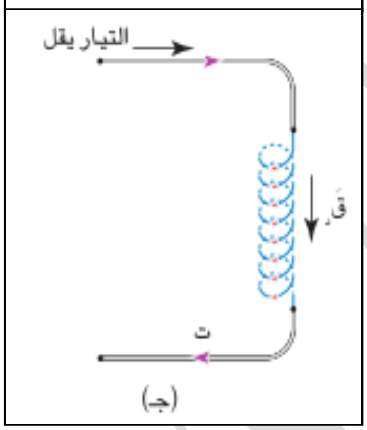
الحث الذاتي



(أ)



(ب)



(جـ)

* في الشكل المجاور دارة تحوي ملفاً لولبياً يتصل ببطارية ومقاومة ومفتاح ، مع تغيير المقاومة يتغير التيار الذي يسري بالدارة ، ونتيجة تغير التيار يتغير التدفق المغناطيسي المتولد بالملف بما يسمى **بظاهرة الحث الذاتي** ، وتحدث في الملف إذا حدث تغير للتيار فيه ، ويسمى الملف في هذه الحالة **محثاً** ، وتسمى (قَد) **بالقوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية** .

* في الشكل (ب) نلاحظ أن اتجاه (قَد) عكس (قد) عندما يزداد التيار الكهربائي في الدارة وذلك لتقاوم الزيادة في التدفق لذا تسمى **القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية العكسية** .

* يبين الشكل(جـ) اتجاه (قَد) مع اتجاه (قد) عندما يقل التيار الكهربائي في الدارة ، وذلك لتقاوم النقص في التدفق ، لذا تسمى **القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية الطردية** .

الشكل (٦-١٨): نمو التيار وتلاشيه في المحث.

* وجد عملياً أن (قَد) تتناسب طردياً مع معدل تغير التيار في الدارة . كما يلي :-

قَد ∞ Δ ت/ Δ ز ←

$$\text{قَد} = -\text{ح}\ \frac{\Delta \text{ت}}{\Delta \text{ز}}$$

ح :- **ثابت** يعتمد على شكل الدارة و أبعادها الهندسية و يسمى **معامل الحث الذاتي للدارة أو المحاثّة .**

الاشارة السالبة تشير الى ان متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي المسبب له .

- وحدة المحاثة هي : (فولت. ث/أمبير) و تعرف هذه الوحدة باسم **الهنري** .

* **محاثة المحث : (هي نسبة متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة فيه الى المعدل الزمني للتغير في التيار الكهربائي المار في المحث) .**

* **الهنري : - (هو محاثة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها (١) فولت عندما يكون المعدل الزمني لتغير التيار المار فيه (١) أمبير/ث) .**

- **مهم :**

حدوث تغير في التدفق (ΦΔ) حالتان هما :	
زيادة التدفق (ΦΔ +)	نقصان التدفق (ΦΔ -)
زيادة المجال (غΔ +)	نقصان المجال (غΔ -)
زيادة التيار (تΔ +)	نقصان التيار (تΔ –)
١) نقصان المقاومة ٢) لحظة غلق الدارة	١) زيادة المقاومة ٢) لحظة فتح الدارة
يتم توليد (قَد) حثية ذاتية وعكسية (عكس اتجاه (قد) للمصدر)	يتم توليد (قَد) حثية ذاتية وطردية (مع اتجاه (قد) للمصدر)

لو أن أحدنا هم بإزالة جبل
وهو واثق بالله لأزاله ...

* **أهمية المحث** تكمن في **التحكم في معدل نمو التيار** .

* **نلاحظ التناسب العكسي بين معدل نمو التيار ومحاثة المحث مما يعمل على زيادة الفترة الزمنية المستغرقة ليصل التيار لقيمته العظمى في حالة زيادة محاثة المحث .**

*** مهم :**

*** معدل نمو التيار يتناسب عكسياً مع محاثة المحث .**

*** معدل نمو التيار يتناسب عكسياً مع الفترة الزمنية المستغرقة ليصل التيار لقيمته العظمى .**

*** محاثة المحث تتناسب طردياً مع الفترة الزمنية المستغرقة ليصل التيار لقيمته العظمى .**

(مهم) مثال :

ما مقدار محاثة محث لولبي طول محوره **(ل)** ، ومساحة مقطعه **(أ)** ، وعدد لفاته **(ن)** لفة ؟

الحل:-

$$\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ح}\,\frac{\Delta\text{ت}}{\Delta\text{ز}} = -\text{ن}\,\frac{\Delta\Phi}{\Delta\text{ز}}$$

$\Delta\Phi = \Phi - \Phi = ٠$.

$\Delta\text{ت} = \text{ت} - ٠ = \text{ت}$.

$\Phi = \text{غ}\,\text{أ}$

$$\text{غ} = \frac{\mu.\text{ن}\,\text{ت}}{\text{ل}}$$

$$\text{ح}\,\text{ت} = \text{ن}\,\Phi \longrightarrow \boxed{\text{ح} = \frac{\text{ن}\,\Phi}{\text{ت}}}$$

$$\text{ح} = \frac{\text{ن}\,\text{غ}\,\text{أ}}{\text{ت}}$$

$$\text{ح} = \frac{\text{ن}\,\text{أ}}{\text{ت}} \times \frac{\mu.\text{ن}\,\text{ت}}{\text{ل}}$$

$$\boxed{\text{ح} = \frac{\mu.\text{ن}^{٢}\,\text{أ}}{\text{ل}}}$$

- **تعتمد محاثة المحث على العوامل التالية :**

١) **طول المحث .**
٢) **مساحة مقطعه .**
٣) **عدد لفاته .**
٤) **النفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث .**

مثال : -

تناقص التيار في ملف من (٦ ← ١)A خلال (٠,١ ث) ، اذا كانت قَد الذاتية المتوسطة الناتجة تساوي (٢٠٠ فولت) ، احسب محاثة المحث في هذه الحالة ؟

الحل : -

$$\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ح}\,\frac{\Delta\text{ت}}{\Delta\text{ز}} \longrightarrow ٢٠٠ = -\text{ح}\,\frac{(١ - ٦)}{٠,١}$$

ح = ٤ هنري .

من الذوق يا عاشق القمة أن
تبتعد عن الثرثرة ...
فهو سلوك بغيض ينفر الناس
منك ويحط من قدرك لديهم ...

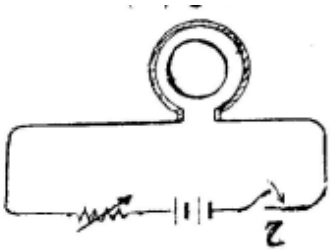
تخلص من كلمة لا ...
في عبارة لا أستطيع ...

مثال (٦ – ٧) : محث محاثته (٤،. هنري) وعدد لفاته (٢٠٠ لفة) ، أغلقت دارته فاستغرق التيار زمناً مقداره (٤.،. ث) للوصول الى قيمته العظمى ، وخلال هذه المدة الزمنية تولدت قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية مقدارها (٢ فولت) ، احسب :

١) القيمة العظمى للتيار الذي يمر فيه .
٢) المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي خلال تلك المدة .

مثال :

ج) وضع ملف دائري داخل ملف دائري أكبر كما في الشكل المجاور. اذكر ثلاث طرق تستطيع من خلالها توليد تيار حثي في الملف الدائري الداخلي.



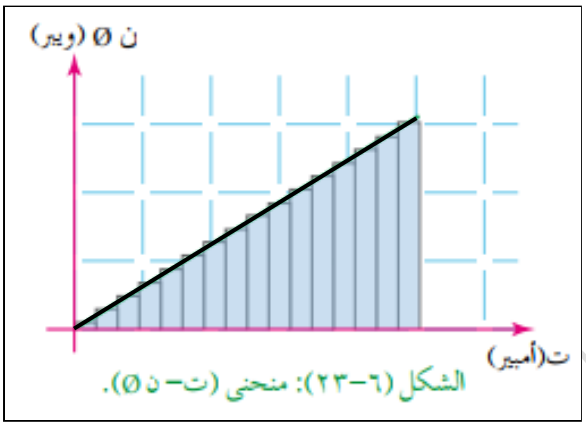
(٣ علامات)

الحل :

- **حل الاسئلة صفحة (١٨٥) .**

الطاقة المغناطيسية المختزنة في محث

* عند زيادة التدفق عبر المحث تنشأ طاقة مغناطيسية تختزن في المحث . واذا كان المحث مثالياً فإن مقاومته تساوي صفراً أي أن الشغل الذي يبذله المصدر يختزن في المحث فقط على شكل طاقة مغناطيسية ، تظهر على شكل شرارة كهربائية لحظة فتح الدارة الكهربائية بسبب تولد قَ. طردية تمانع تناقص التيار .



الشكل (٦-٢٣): منحنى (ت- ن Ø).

- ميل المنحنى بالشكل المجاور تمثل محاثة المحث (ح) ، أي :

$$ح = \frac{ن\Phi}{ت}$$

- مساحة ما تحت المنحنى (ت – نΦ) تمثل الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي الحثي .

$$ط = \frac{١}{٢} ت \times نΦ \quad ، \quad Φ = \frac{ت ح}{ن}$$

$$\boxed{ط_{عظمى} = \frac{١}{٢} ح ت^{٢}_{عظمى}} \qquad \boxed{ط_{لحظة} = \frac{١}{٢} ح ت^{٢}_{لحظة}}$$

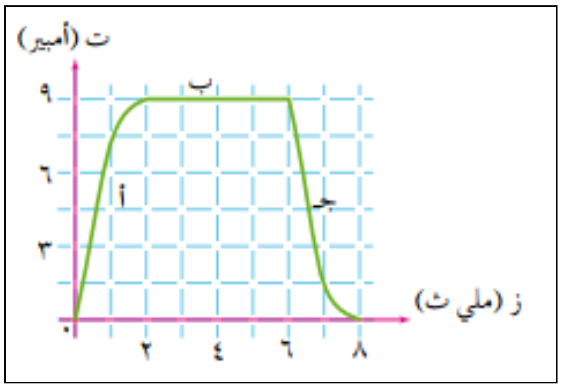
* الطاقة المختزنة في المحث تعتمد على عاملين هما :-

١) محاثة المحث . (ح) ← تناسب طردي مع ط .

٢) مربع التيار (ت^{٢}) ← تناسب طردي مع ط .

سؤال : وضح كم تزداد الطاقة المختزنة في محث إذا زادت قيمة التيار بالدارة إلى الضعف؟

مثال : يتغير التيار في دارة محث محاثته (٢، هنري) من لحظة غلق دارته حتى تلاشي التيار فيها بعد فتح الدارة وفق المنحنى في الشكل المجاور ، مُستعيناً بالشكل أجب عن الاسئلة الآتية :



١) ماذا تمثل كل فترة من الفترات (أ ، ب ، جـ) ؟
٢) احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية في كل الفترات ؟
٣) احسب الطاقة المغناطيسية العظمى المختزنة في المحث ؟
٤) احسب الطاقة المغناطيسية المختزنة في المحث عندما يكون التيار الكهربائي في المحث ثُلث قيمته العظمى ؟

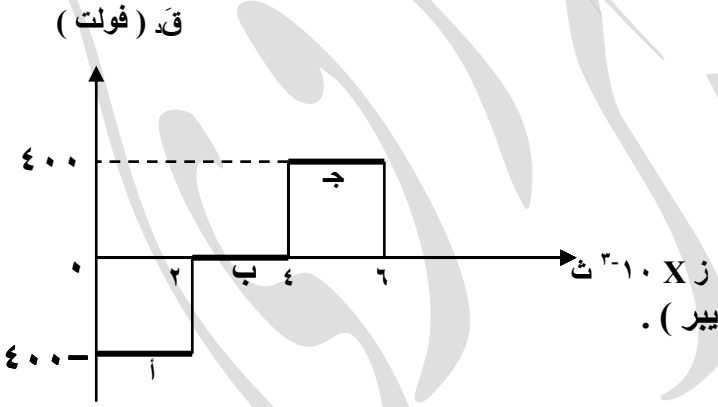
- حل الاسئلة صفحة (١٨٨) .

أنا مبدئي أن الهوان لغيرنا ...
والعز لي ولأمتي وبلادي ...

وزارة/٢٠٠٨ :
يمكن تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترق ملف بثلاث طرق ، أذكرها ؟
الحل :

وزارة/٢٠٠٩ : ملف لولبي مكون من ($١٠^{٣}$) لفة ومساحة مقطعه العرضي (١×١٠^{-٢}) $م^{٢}$ وطوله ($٤\pi \times ١٠^{-٢}$) م مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا باتجاه عمودي على مستواه ، فإذا عُكس اتجاه المجال المغناطيسي خلال (٠,١) ث ، احسب :
١) محاثة المحث .
٢) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف أثناء تغير المجال المغناطيسي .
٣) معدل نمو التيار في الملف أثناء عكس اتجاه المجال المغناطيسي .
الحل : **(٠,١ هنري) ، (٤٠ فولت) ، (- ٤٠٠ A / ث) .**

وزارة/٢٠٠٩م: يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية والزمن لملف دائري عدد لفاته ($١٠^{٣}$) لفة مستواه يتغير باستمرار من وضع يكون فيه موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي إلى وضع يكون مستواه عمودي على خطوط المجال المغناطيسي ، مستعيناً بالقيم المثبتة على الرسم أجب عما يلي :
١- احسب التغير في التدفق المغناطيسي في كل مرحلة من المراحل (أ ، ب ، جـ) .
٢- أرسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين التغير في التدفق المغناطيسي والزمن .



الحل :
(٨ × ١٠^-٤ ويبر) ، (صفر) ، (- ٨ × ١٠^-٤ ويبر) .

وزارة/٢٠١٠م: علل : أثناء سحب موصل بسرعة ثابتة بإتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم ، تتوقف حركة الشحنات الحرة داخل الموصل بإتجاه طرفيه بعد فترة ؟
الحل :

وزارة/٢٠١٠م: دارة كهربائية تحوي مقاومة ومحث :

١) أرسم العلاقة البيانية بين تغير التيار والزمن عند غلق الدارة .

٢) ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة المختزنة في محث ؟

وزارة/٢٠١٠م: يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٤) تسلا على ملف مكون من (٦٠٠) لفة ، مساحة اللفة الواحدة (١٢ X ١٠$^{-٣}$) م٢ ، والزاوية بين متجه المجال ومتجه مساحة اللفة (٦٠°) . خلال (٠,١) ث انخفض المجال المغناطيسي إلى (٠,١) تسلا وأصبحت الزاوية بين متجه المجال ومتجه مساحة اللفة صفراً .

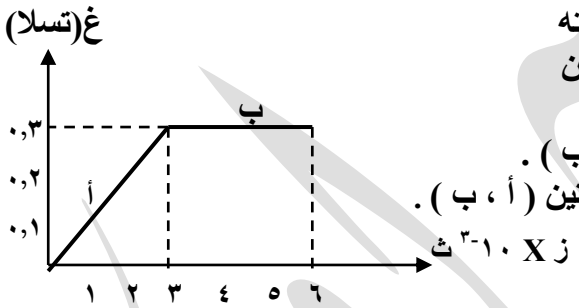
احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف أثناء تلك الفترة الزمنية ؟

الحل : (٧,٢ فولت) .

وزارة ٢٠١١م : يمثل الرسم البياني المجاور تغير مجال مغناطيسي بالنسبة للزمن . إذا كان هذا المجال يخترق ملفاً عدد لفاته (٦٠٠) لفة ومساحة اللفة الواحدة (٢ X ١٠$^{-٤}$) م٢ بحيث يكون مستوى الملف عمودي على المجال . احسب :

١) التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف في المرحلتين (أ ، ب) .

٢) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في المرحلتين (أ ، ب) .



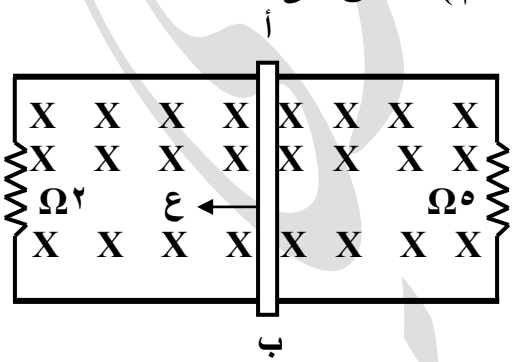
الحل :

(٦ X ١٠$^{-٥}$ ويبر ، صفر) ، (ـ ١٢ فولت ، صفر) .

وزارة ٢٠١٢م: أثرت قوة على موصل (أ ب) طوله (٢٠سم) ، ينزلق على موصلين متوازيين ، فحركته بسرعة ثابتة (٨) م/ث باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم (٢,٥ تسلا) كما في الشكل ، احسب :

١- التيار الكهربائي الحثي المتولد في كل من المقاومتين (٥ Ω) ، (٢ Ω) .

٢- مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (أ ب) واتجاهها .



الحل : (٠,٨A ، ٢ A) ، (١,٤ نيوتن شرقاً) .

وزارة ٢٠١٣م:

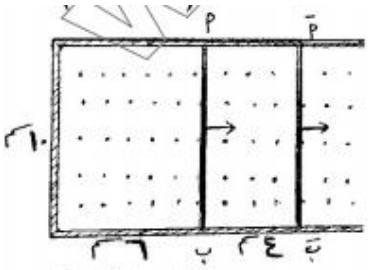
- أذكر ثلاث طرق يتم فيها تغيير التدفق المغناطيسي .

ب) انزلق السلك (أ ب) إلى الوضع (أ َ ب َ) بسرعة ثابتة كما في الشكل المجاور خلال (٠,١) ث ، في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا. مستعيناً بالبيانات على الشكل احسب:

١- التغير في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة المكونة من المجرى والسلك.

٢- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك أثناء حركته.

٣- اتجاه التيار الحثي المتولد في السلك أثناء حركته.



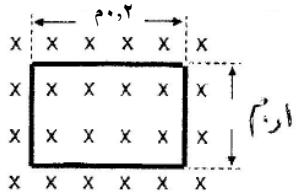
(٧ علامات)

(٨ X ١٠^-٤ ويبر) ، (- ٨ X ١٠^-٣ فولت) ، (أ ← ب) .

وزارة ٢٠١٤م:

- **علل : تولد قوة دافعة كهربائية حثية في سلك مستقيم يتحرك عامودياً على مجال مغناطيسي منتظم ؟**

د) ملف مستطيل الشكل عدد لفاته (١٠٠) لفة موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٢) تسلا عمودياً على مستواه كما في الشكل المجاور. احسب القوة الدافعة الحثية المتوسطة المتولدة في الملف عندما يدور ربع دورة بحيث يصبح مستواه موازياً لخطوط المجال في زمن قدره (٠,٢) ثانية.



(٤ علامات)

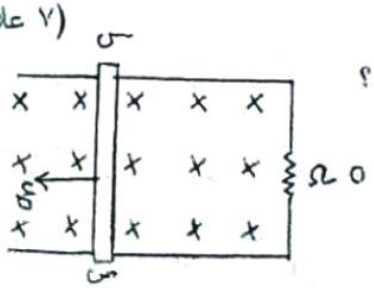
(٢ فولت) .

ج) موصل (س ص) طوله (٢٠) سم يتحرك بسرعة ثابتة على سلكين متوازيين ومتصلين بمقاومة (٥) أوم وبوجود مجال مغناطيسي منتظم (٤) تسلا كما في الرسم المجاور ، تكوّن فرق جهد بين طرفي الموصل (١٠) فولت، أجب عما يأتي: (٧ علامات)

١. ما سبب تكوُّن فَرق الجهد الكهربائي بين طرفي الموصل(س ص) ؟

٢. احسب مقدار السرعة التي يتحرك بها الموصل.

٣. احسب مقدار القوة الخارجية المؤثرة على الموصل.

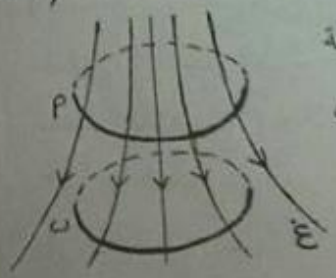


(١٢,٥ م / ث ، ١,٦ نيوتن يسار) .

صيفي ٢٠١٥

* **ما المقصود بأن معامل الحث الذاتي لملف يساوي (٤) هنري ؟**

) ملف عدد لفاته (١٠٠) لفة سقط من الموضع (أ) إلى الموضع (ب) محافظاً على مستواه الأفقي كما في الشكل خلال (٠,١) ثانية، فكان متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه تساوي (٠,٢) فولت، فإذا كان التدفق المغناطيسي عند الموضع (أ) يساوي (٥ × ١٠^-٤) ويبر ، احسب: (٦ علا



١- التدفق المغناطيسي عند الموضع (ب).

٢- فسّر تولّد القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الملف.

(٣ x ١٠^-٤ ويبر) .

* تم بحمد الله *