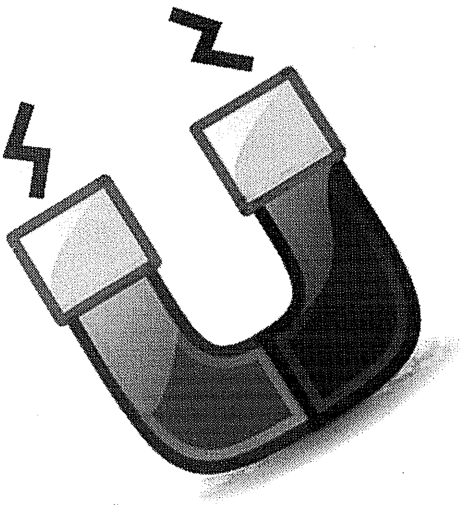
الصّف الثّاني عشر

العلمي / الصّناعي

المُفْهِم في الفيزياء



الوحدة الثّانية " المغناطيسيَّة "

الفصل الخامس .. المجـال المـغناطيسي

الفصل السَّادس .. الحَث الكهرُمغناطيسي

الأستاذ

محمَّد سامي محمود

(مؤلِّف سلسلة المُفهم في الفيزياء)

مركز كفر عانة الثقافي
الوحدات – شارع سُميَّة
٠٧٩٩٩٨٨٣٥٤

مركز أنوار المنارة الثقافي
المنارة – بجانب مخابز بسمان
٠٧٩٩٩٩٤٠٨٣

مركز سلمان الثقافي
نادي السّباق – مجمَّع الصديقان
٠٧٩٧٩٠٥٤٧٩

الهاتف الشخصي (٠٧٨٩٩٩٧٥٠٣)

صفحة الفيسبوك fb.me/mohammadsami80

بسم الله الرحمن الرحيم

العِلْمُ بلَّغَ قَوْمًا ذِرْوَةَ الشَّرَفِ
وَصَاحِبُ العِلْمِ مَحْفُوْظٌ مِنَ الخَرَفِ
يَا صَاحِبَ العِلْمِ مَهْلًا لَا تُدَنِّسْهُ
بِالمُوْبِقَاتِ فَمَا لِلْعِلْمِ مِنْ خَلَفِ
العِلْمُ يَرْفَعُ بَيْتًا لَا عِمَادَ لَهُ
وَالجَهْلُ يَهْدِمُ بَيْتَ العِزِّ وَالشَّرَفِ

الفصلُ الخَامس :

المَجَالُ المِغنَاطيسيُّ

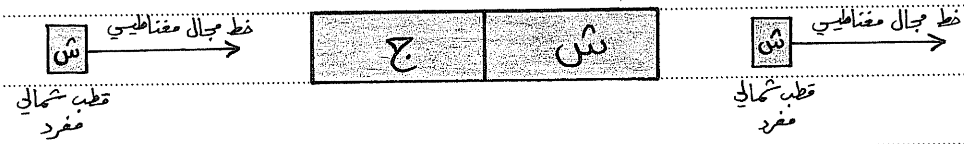
المجال المغناطيسي :

"المجال المغناطيسي" : المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتي يظهر فيها آثاره المغناطيسية ، ويرمز له بالرمز (غ) .

"خطوط المجال المغناطيسي" : خطوط وهمية تصف المجال المغناطيسي من حيث مقداره واتجاهه عند أي نقطة حول المغناطيس صاحب المجال .

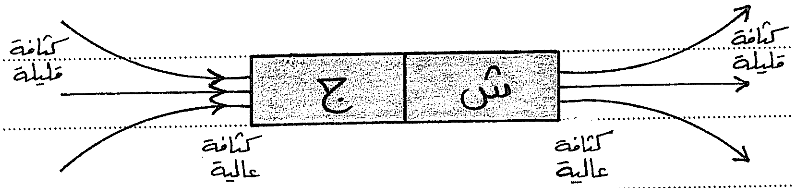
فائدة : يمكن استخدام برادة الحديد أو الإبرة المغناطيسية (البوصلة) لتخطيط المجال المغناطيسي .

"خط المجال المغناطيسي" : المسار الوهمي الذي يسلكه قطب شمالي مفرد (افتراضي) عند وضعه حراً في أي نقطة داخل المجال المغناطيسي .



← خصائص خطوط المجال المغناطيسي :

1. خطوط وهمية .
2. تتناسب شدة المجال المغناطيسي مع كثافة الخطوط تناسباً طردياً ، ولذلك يكون المجال المغناطيسي عند الأقطاب أكبر ما يمكن .

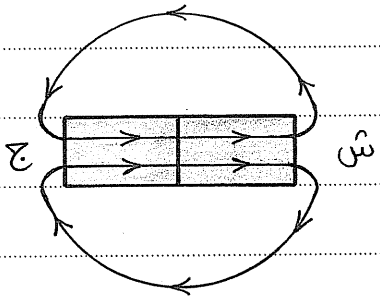


3. يتم تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند نقطة معينة على خط المجال بواسطة رسم مماس عند تلك النقطة ، ويحدد عملياً بوضع إبرة مغناطيسية في تلك النقطة ،

حيث يُشير قطبها الشمالي إلى اتجاه المجال .

④ خطوط المجال المغناطيسي لا تتقاطع ؛ لأنَّها لو تقاطعتْ فهذا يعني وجود أكثر من اتجاهٍ للمجال عند نقطة التقاطع ، وهذا يُنافي مفهوم الكمية الفيزيائية المتجهة .

⑤ خطوط مُقْفَلَة ، تخرج من القطب الشمالي وتدخل في القطب الجنوبي ، وتُكمل دورتها من القطب الجنوبي إلى الشمالي داخل المغناطيس .

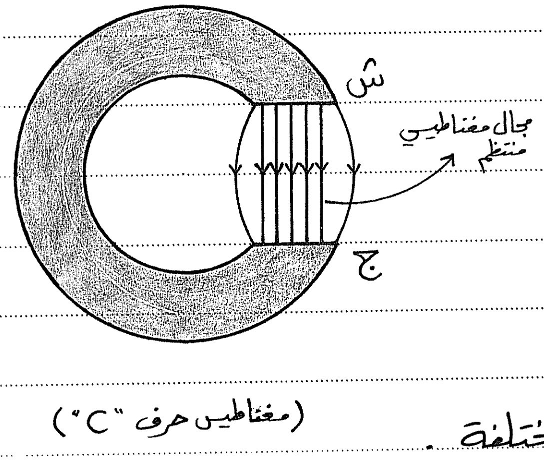


(خطوط المجال المغناطيسي مقفلة)

علِّل : " خطوط المجال المغناطيسي خطوط مقفلة " ؟
← يعود ذلك إلى عدم وجود قطب مغناطيسي مفرد .

⑥ المجال المغناطيسي نوعان :

(أ) منتظم : " مجال مغناطيسي ثابت مقداراً واتجاهاً عند نقاطه جميعها " .
* يُمثَّل بخطوط مستقيمة متوازية المسافاتُ بينها متساوية .
* مثال : المنطقة المحصورة بين قطبي مغناطيس على شكل حرف (C) بعيداً عن الأطراف .

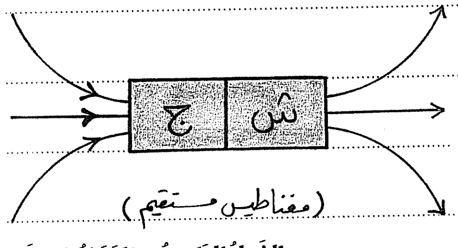


(مغناطيس حرف "C")

(ب) غير منتظم ، كمجال المغناطيس المستقيم .

فسِّر : " مجال المغناطيس المستقيم غير منتظم " ؟
← لأنَّ خطوط مجاله تشير إلى اتجاهات مختلفة .

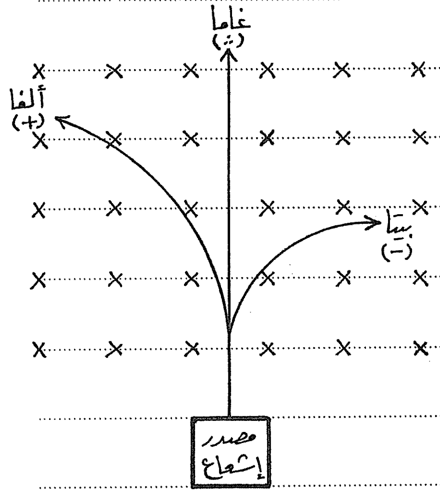
فائدة : * إذا كان المجال المغناطيسي عمودياً على الصفحة بعيداً عن النَّاظر ، فيُرمز له بالرمز (X) .
* إذا كان المجال المغناطيسي عمودياً على الصفحة نحو النَّاظر ، فيُرمز له بالرمز (⊙) .



(مغناطيس مستقيم)

القوة المغناطيسيّة المؤثرة في شحنة نقطية متحرِّكة في مجال مغناطيسي منتظم :

← درسنا فيما سبق أنّ المجال الكهربائي يؤثر في الشحنات الموجودة فيه بقوة كهربائية ؛ سواءٌ كانت هذه الشحنات ساكنة أم متحركة ، فهل الأمر كذلك بالنسبة للمجال المغناطيسي ؟



← نلاحظ في الشكل المجاور انحراف الجسيمات المشحونة عن مسارها عند دخولها المجال المغناطيسي ، فيما لم تتأثر أشعة غاما المتعادلة بذلك المجال ، وبناءً على قانون نيوتن الأول فلا بُدَّ من وجود قوة مصدرها المجال المغناطيسي تسبَّبت في انحراف الجسيمات المشحونة ، وهي " القوة المغناطيسيّة " .

سؤال : اذكر ظاهرة أخرى تدلُّ على وجود القوة المغناطيسيّة التي تؤثر على الشحنات النقطية ؟

← انحراف حزمة الإلكترونات عن مسارها داخل أنبوب أشعة المهبط عند تقريب مغناطيس منه .

← يؤثر المجال المغناطيسي على الجسم الموجود داخله بقوة مغناطيسيّة بثلاثة شروط :

١- أن يكون الجسم مشحوناً .

٢- أن يكون متحركاً .

٣- أن لا يكون اتجاه حركته موازياً لخطوط المجال المغناطيسي ($\theta \neq 0^\circ$ ، $\theta \neq 180^\circ$) ، أي أنّه يجب أن يقطع خطوط المجال .

سؤال: كيف يمكن لشحنة كهربائية أن تتحرَّك في مجال مغناطيسي ولا تتأثر بقوة مغناطيسيَّة ؟

← إذا تحرَّكت في اتجاهٍ يوازي خطوط المجال المغناطيسي .

فسِّر: " عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي ، فإنَّه لا يتأثر بقوة مغناطيسيَّة " ؟

← لأنَّ النيوترون لا يحمل شحنة .

← تُعطى القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة في شحنة متحرِّكة داخل مجال مغناطيسي بالعلاقة :

$$\vec{ق}_{غ} = س\ \vec{ع} \times \vec{غ} \quad \leftarrow \quad \boxed{ق_{غ} = س \times ع \times غ \times جا\,\theta}$$

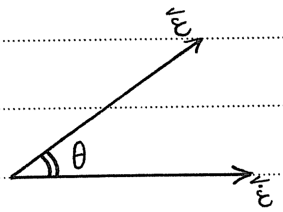
حيث : ق : مقدار القوة المغناطيسيَّة . [نيوتن]

س : مقدار الشحنة المتحركة في المجال المغناطيسي . [كولوم]

ع : سرعة الشحنة المتحركة في المجال المغناطيسي . [م/ث]

غ : مقدار المجال المغناطيسي . [تسلا]

θ : الزاوية الصغرى المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي .



سؤال: عرِّف المجال المغناطيسي معتمداً على العلاقة الرِّياضيَّة ($ق = س ع غ جا\theta$) ؟

← " القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بنقطةٍ معيَّنة بسرعة (١ م/ث) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي " .

سؤال: اذكر العوامل المؤثِّرة في مقدار القوة المغناطيسيَّة ؟

← ١- شحنة الجسم الكهربائية (س) . [طردياً]

٢- المجال المغناطيسي (غ) . [طردياً]   ٣- جا θ (تكون "قغ" أكبر ما يمكن عندما "θ=٩٠") [طردياً]

٤- سرعة الجسم المتحرِّك داخل المجال (ع) . [طردياً]

← أمَّا اتجاه القوة المغناطيسيَّة فيكون عموديًّا دائمًا على المستوى الذي يحوي كلاًّ من ($\vec{ع}$) و ($\vec{غ}$) ، ويمكن تحديده عن طريق "قاعدة اليد اليمنى" للشحنة الموجبة ، فإذا كانت الشحنةُ سالبةً عكسنا الاتجاه .

فائدة : $[غ] = \frac{[ق]}{[س] \cdot [ع] \cdot [جا\theta]}$

$= \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم} \cdot (\text{م/ث})} = \text{نيوتن} \cdot \text{ث / كولوم} \cdot \text{م}$

$= \text{تِسْلا} \leftarrow$

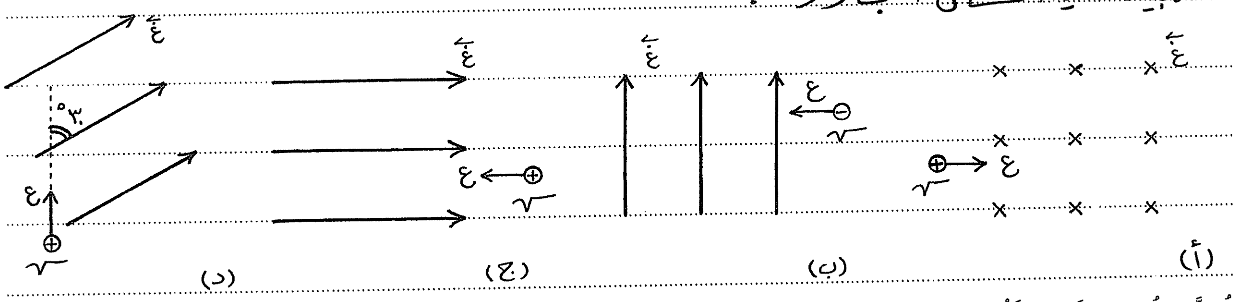
"التِّسْلا" : المجال المغناطيسي الذي يؤثِّر بقوة مقدارها (١ نيوتن) في شحنة مقدارها (١ كولوم) تتحرَّك بسرعة (١ م/ث) باتجاه يُعامد اتجاه المجال المغناطيسي .

سؤال : ماذا نعني بقولنا "إنَّ المجال المغناطيسي لمغناطيس يساوي (٥×١٠^{-٣} تسلا)" ؟

← أي أنَّ هذا المجال يؤثِّر بقوة مقدارها (٥×١٠^{-٣} نيوتن) في شحنة مقدارها (١ كولوم) تتحرَّك بسرعة (١ م/ث) باتجاه يُعامد اتجاه المجال المغناطيسي .

- **أمثلة :**

① قُذِفَ جسم شحنته (٤ ميكروكولوم) بسرعة (٦×١٠^{٦} م/ث) داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠٫١ تسلا) ، جد القوة المغناطيسيَّة مقدارًا واتجاهًا المؤثِّرة في الجسم لحظة دخوله منطقة المجال المغناطيسي المنتظم في الحالات المُبيَّنة في الشكل المجاور .



← أ) ق = س ع غ جا θ

= $٤ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{٦} \times ١ \times ١٠^{-٢} \times$ جا ٩٠°

= ٢٤×١٠^{-٢} نيوتن (+ص ، نحو الأعلى ، شمالاً)

ب) ق = س ع غ جا θ

= $٤ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{٦} \times ١ \times ١٠^{-٢} \times$ جا ٩٠°

= ٢٤×١٠^{-٢} نيوتن (+ز ، نحو النّاظر ، ⊙)

ج) ق = س ع غ جا θ

= $٤ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{٦} \times ١ \times ١٠^{-٢} \times$ جا ١٨٠°

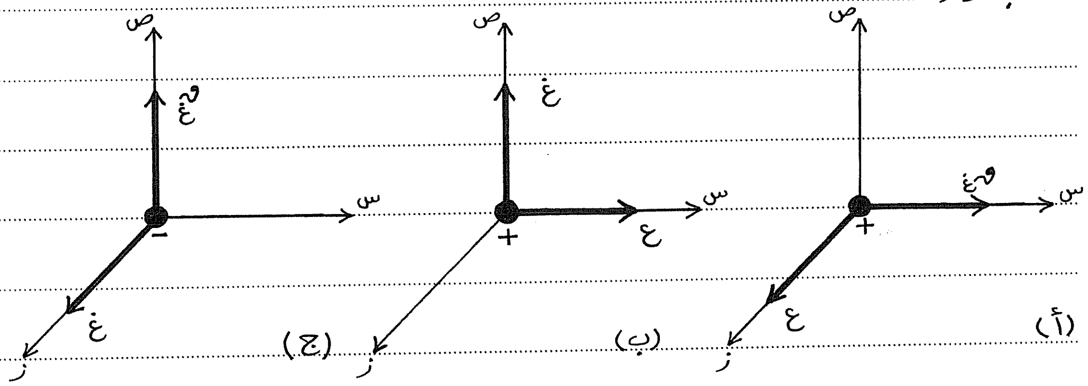
= ٠

د) ق = س ع غ جا θ

= $٤ \times ١٠^{-٦} \times ٦ \times ١٠^{٦} \times ١ \times ١٠^{-٢} \times$ جا ٣٠°

= ١٢×١٠^{-٢} نيوتن (−ز ، بعيداً عن النّاظر ، ⊗)

② باستخدام قاعدة اليد اليمنى حدّد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة في الشكل المجاور.

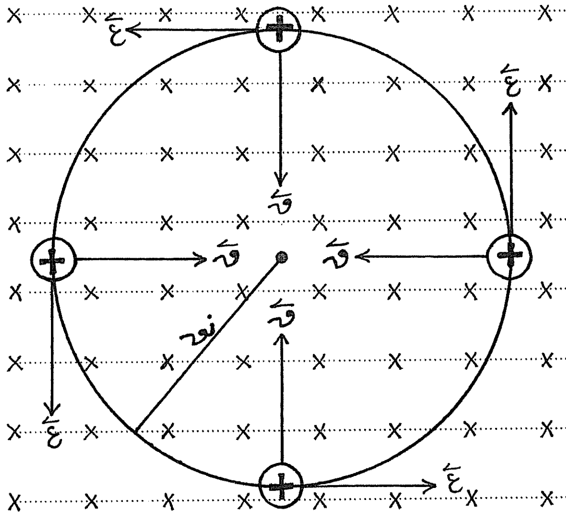


← أ) غ ← (−ص)

ب) ق ← (+ز)

ج) ع ← (+س)

حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم :



← يمثل الشكل المجاور حركة جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على اتجاه حركته ، ونلاحظ من هذا الشكل أنّ القوة المغناطيسيّة تكون دائماً عموديّة على اتجاه السرعة (وبالتالي على اتجاه الإزاحة) أي أنّ :

$$\text{ش} = \text{ق}_{\text{غ}} \times \text{ف} \times \text{جتا}\,90^\circ = \text{صفراً}$$

أي أنّ القوة المغناطيسيّة لا تنجز شغلاً على الشحنات ، وبناءً على مبرهنة (الشغل _ الطاقة الحركية) :

$$\Delta \text{ط}_{\text{ح}} = \text{ش}$$

$$\text{ط}_{\text{ح}2} - \text{ط}_{\text{ح}1} = 0 \leftarrow \text{ط}_{\text{ح}2} = \text{ط}_{\text{ح}1} \leftarrow \text{ع}_2 = \text{ع}_1$$

فتبقى سرعة الجسيم ثابتة المقدار ، لكنّ اتجاه السرعة يتغيّر باستمرار بحيث يسلك الجسيم المشحون مساراً دائرياً ، وهذا يعني وجود قوة مركزية ، وهي هنا "القوة المغناطيسيّة" .

$$\leftarrow \text{ق}_{\text{م}} = \text{ك} \times \text{ت}_{\text{م}}$$

$$\text{ق}_{\text{غ}} = \text{ك} \times \text{ت}_{\text{م}}$$

$$\text{س}\,\cancel{\text{ع}}\,\text{غ}\,\text{جا}\,90^\circ = \text{ك} \times \frac{\text{ع}^{\cancel{2}}}{\text{نق}}$$

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

$$\therefore \boxed{\text{نق} = \frac{\text{ك}\,\text{ع}}{\text{س}\,\text{غ}}}$$

، حيث : نق : نصف قطر المسار الدائري . [م]

ك : كتلة الجسيم المشحون . [كغ]

ع : سرعة الجسيم المشحون . [م/ث]

س : مقدار شحنة الجسيم . [كولوم]

غ : مقدار المجال المغناطيسي المنتظم . [تسلا]

سؤال: ماهو أثر المجال المغناطيسي على الجسيمات المشحونة داخل المُسارع النّووي ؟

← يعمل على توجيهها فقط ، ولا أثر له على طاقتها الحركية ، وإنما يتمّ تسريعها باستخدام مجال كهربائي .

سؤال: اذكر العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسم المشحون المقذوف عمودياً على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم ؟

← العوامل هي :

① كتلة الجسم ← علاقة طرديّة .

② مقدار السرعة ← علاقة طرديّة .

③ مقدار الشحنة ← علاقة عكسيّة .

④ مقدار المجال المغناطيسي ← علاقة عكسيّة .

سؤال: اذكر أهم الفروق بين القوة المغناطيسيّة والقوة الكهربائية ؟

←

	القوة المغناطيسيّة	القوة الكهربائية
١-	اتجاه القوة " يُعامد " دائماً اتجاه المجال المغناطيسي المُسبّب لها .	اتجاه القوة " يوازي " دائماً اتجاه المجال الكهربائي المُسبّب لها .
٢-	لا تؤثر إلّا في الشحنات المتحركة .	تؤثر في الشحنات الساكنة والمتحركة جميعاً .
٣-	تؤثر في الشحنات المتحركة بشرط ألّا يكون اتجاه حركة الشحنة موازياً للمجال المغناطيسي .	تؤثر في الشحنات المتحركة مهما كان اتجاه حركتها .
٤-	لا تبذل شغلاً أبداً عند تأثيرها في جسم مشحون .	" قد " تبذل شغلاً عند تأثيرها في الجسم المشحون .

● **أمثلة :**

① قُذِفَ جسيمٌ مشحونٌ عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم ، فاتّخذ مسارًا دائريًّا ، أجب عمّا يأتي :

أ) فسِّر اتخاذ الجسيم مسارًا دائريًّا .

ب) هل يبذل المجال المغناطيسي شغلاً على الجسيم المشحون ؟ فسِّر إجابتك .

ج) ماذا يحدث لنصف قطر المسار الدائري في الحالتين الآتيتين :

١- إذا أصبحت سرعة الجسيم مِثْلَيْ ما كانت عليه .

٢- إذا أصبح المجال المغناطيسي مِثْلَيْ ما كان عليه .

← أ) لأنّ القوة المغناطيسيّة المؤثّرة على الجسيم المشحون تكون دائماً عموديّةً على اتجاه سرعته ، فيكتسب الجسيم المشحون تسارعاً مركزياً يجبر الجسيم على الحركة في مسار دائري .

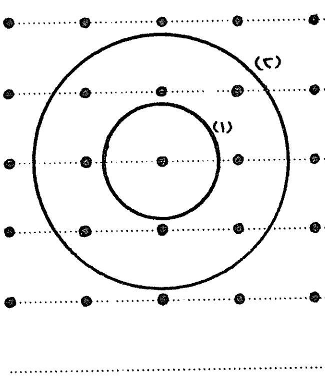
ب) لا ، لأنّ القوة المغناطيسيّة تكون دائماً عمودية على اتجاه الإزاحة

($\theta = ٩٠°$) ← ش = ق × ف × جتا٩٠° = ٠ ج

ج) ١- يزداد نصف القطر إلى الضعف ، لأنّ العلاقة بين (نق) و(ع) طردية .

٢- ينقص نصف القطر إلى النصف ، لأنّ العلاقة بين (نق) و(غ) عكسية .

② يمثّل الشكل المجاور مسارًا دائريًّا لكلٍّ من إلكترون وبروتون يتحرّكان داخل مجال مغناطيسي منتظم بالسرعة نفسها ، إذا علمتَ أنّ كتلة البروتون أكبر من كتلة الإلكترون ، فأجب عمّا يأتي :



أ) أيّ المسارين للإلكترون وأيها للبروتون ؟

ب) حدِّدْ على المسار اتجاه الحركة لكلٍّ منهما .

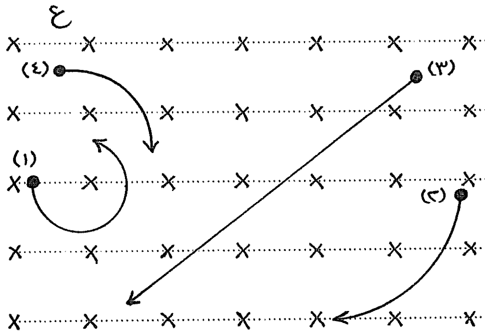
← أ) * المسار (١) ← إلكترون = (لأنّ "ك م" أكبر من "ك ع"،
* المسار (٢) ← بروتون = والعلاقة بين الكتلة و نصف قطر
المسار الدائري طرديّة) .

ب) * الإلكترون ← عكس عقارب الساعة =
* البروتون ← مع عقارب الساعة =

③ أُدْخِلَتْ أربعةُ جسيمات (١)،(٢)،(٣)،(٤) ، متساوية في الكتلة و السرعة فقط، باتّجاهٍ عموديٍّ على مجال مغناطيسيٍّ منتظم مُتَّخِذَةً للمسارات الموضّحة بالرسم المجاور ، أجب عمّا يأتي :

أ) حدِّد نوع الشحنة الكهربائية لكلٍّ من الجسيمات الأربعة .

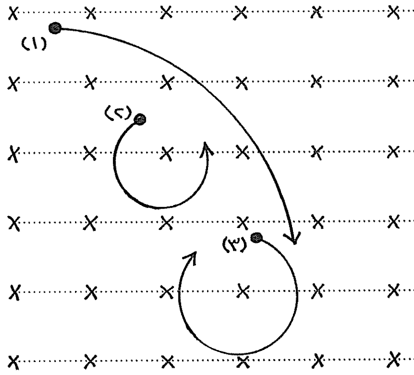
ب) رتّب الجسيمات تنازليّاً حسب مقدار الشحنة الكهربائية .



← أ) (١) موجبة .
(٢) سالبة .
(٣) غير مشحون (متعادل) .
(٤) سالبة .

ب) العلاقة بين (نق) و (ش) عكسيّة ← (نق) أكبر : (ش) أقل
∴ الترتيب التنازلي : ش١ > ش٤ > ش٢ > ش٣ =

④ أُدْخِلَتْ ثلاثة جسيمات متماثلة الشحنة و الكتلة ، وتتحرك بسرعات متفاوتة إلى مجال مغناطيسي منتظم فتحركت كما في الشكل ، رتّب سرعتها تصاعديّاً ، وبيّن نوع شحنة كلٍّ منها ، فسّر إجابتك .



← * العلاقة بين (نق) و (ع) طرديّة

← (نق) أكبر : (ع) أكبر

∴ الترتيب التصاعدي : س٢ < س٣ < س١

* يمكن تحديد نوع كل شحنة باستخدام "قاعدة اليد اليمنى"، وعليه :

(س١ ، س٣) ← سالبة .

(س٢) ← موجبة .

⑤ دخل جسم مشحون كتلته (٢×١٠^{-١٠} كغ) وشحنته (٢ ميكروكولوم) مجالاً مغناطيسياً مقداره (٢,٠ تسلا) بسرعة مقدارها ($١٠^{٣}$ م/ث) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، احسب :

أ) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم .

ب) التسارع المركزي الذي اكتسبه الجسم .

جـ) نصف قطر مسار الجسم .

د) مقدار سرعة الجسم بعد مرور (٣ ث) على وجوده داخل المجال المغناطيسي .

← أ) $ق_{غ} = س\, ع\, غ\, جا\, \theta$

$= ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٣} \times ٢ \times ١٠^{-١} \times جا ٩٠ = ٤ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

ب) $ق = ك \times ت_{م}$

$٤ \times ١٠^{-٤} = ٢ \times ١٠^{-١٠} \times ت_{م} \leftarrow ت_{م} = \frac{٤ \times ١٠^{-٤}}{٢ \times ١٠^{-١٠}} = ٢ \times ١٠^{٦}$ م/ث²

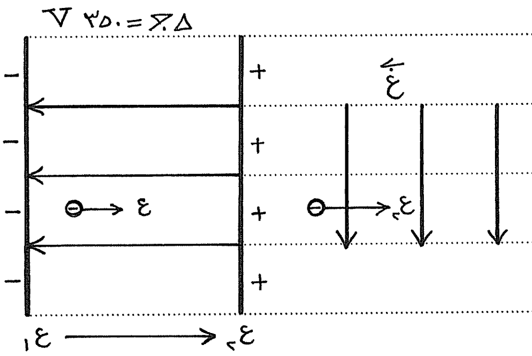
جـ) $نق = \frac{ك\, ع}{س\, غ} = \frac{٢ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^{٣}}{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-١}} = ٠,٥$ م

د) تبقى ثابتة ($١٠^{٣}$ م/ث)، لأنّ القوة المغناطيسية لا تبذل شغلاً على الجسم المشحون .

⑥ تمّت مسارعة إلكترون من السكون باستخدام فرق جهد كهربائي مقداره (٣٥٠ فولت)، أُدخِلَ بعد ذلك في مجال مغناطيسيٍّ منتظم مقداره (٠,٢ تسلا) يُعامد اتجاه سرعة الإلكترون، إذا علمتَ أنّ ($\text{ش}_e = -1.6 \times 10^{-19}$ كولوم) و ($\text{ك}_e = 9.11 \times 10^{-31}$ كغ)، فاحسب:

أ) سرعة الإلكترون لحظة دخوله المجال المغناطيسي.

ب) نصف قطر المسار الذي يسلكه الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.



أ) $\text{ش} = \Delta \text{ط}_\text{ح}$

$\text{ش}_e \, \Delta\text{جـ} = \text{ط}_{\text{ح}2} - \text{ط}_{\text{ح}1}$

$1.6 \times 10^{-19} \times 350 = \frac{1}{2} \text{ك}_e (\text{ع}_2^2 - \text{ع}_1^2)$

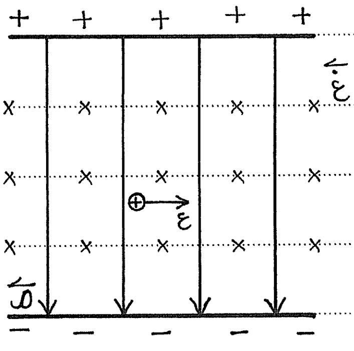
$560 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times (\text{ع}_2^2 - 0)$

$\text{ع}_2^2 = 123 \times 10^{12}$

$\therefore \text{ع}_2 = 11 \times 10^{6}$ م/ث ✓

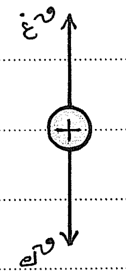
ب) $\text{نق} = \frac{\text{ك}_e \text{ع}_2}{\text{ش}_e \text{غ}} = \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 11 \times 10^{6}}{1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-1}} = 3.13 \times 10^{-4}$ م ✓

قوة لورنتز :



← عندما تتحرك شحنة في مجالين متعامدين ؛ كهربائي ($\vec{E}$) ومغناطيسي ($\vec{B}$) ، فإنها تتأثر بقوتين ؛ كهربائية ومغناطيسية ، ويمكن حساب محصلتهما بالعلاقة :

$$\vec{F}_{محصلة} = \vec{F}_{كهربائية} + \vec{F}_{مغناطيسية}$$



وتُسمّى هذه القوةُ المحصلةُ "قوةَ لورنتز" ..

$$\therefore \boxed{\vec{F}_{لورنتز} = \vec{F}_{ك} + \vec{F}_{غ}}$$

← ولكي تستمرَّ الشحنة في مسارها دون انحراف فلا بُدَّ أنْ تكون محصلة القوة المؤثرة عليها تساوي صفراً ، أي :

$$F_{ك} = F_{غ}$$

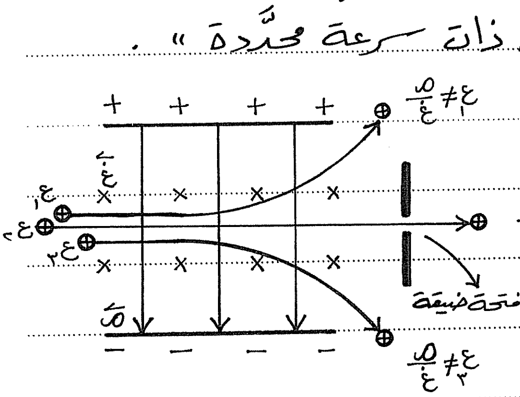
$$\cancel{q}\,E = \cancel{q}\,v\,B\,\sin 90$$

$$\therefore \boxed{v = \frac{E}{B}}$$

← إذا كانت سرعة الشحنة تساوي ($\frac{E}{B}$) فإنها لا تنحرف . =

← تستخدم "قوة لورنتز" في الأجهزة البحثية ، ومن أهمها :

(1) مُنتقي السرعة : "جهاز لاختيار جسيمات ذات سرعة محدَّدة" .



* الاستخدامات : الحصول على حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم .

* مبدأ العمل : يتم إدخال حزمة من الجسيمات المشحونة المتحركة بسرعات مختلفة إلى جهاز "منتقي السرعة" المحتوي

على مجالين متعامدين (كهربائي ومغناطيسي)، حيث تُكمِلُ الجسيمات التي تكون سرعتها تساوي النسبة $(\frac{E}{B})$ حركتها دون انحراف، أمّا التي تكون سرعتها أكبر أو أقل من هذه النسبة فسوف تنحرف عن مسارها.

سؤال: كيف يمكن الحصول عمليًّا على السرعة المطلوبة للجسيمات في تجربة ما باستخدام جهاز "منتقي السرعة"؟

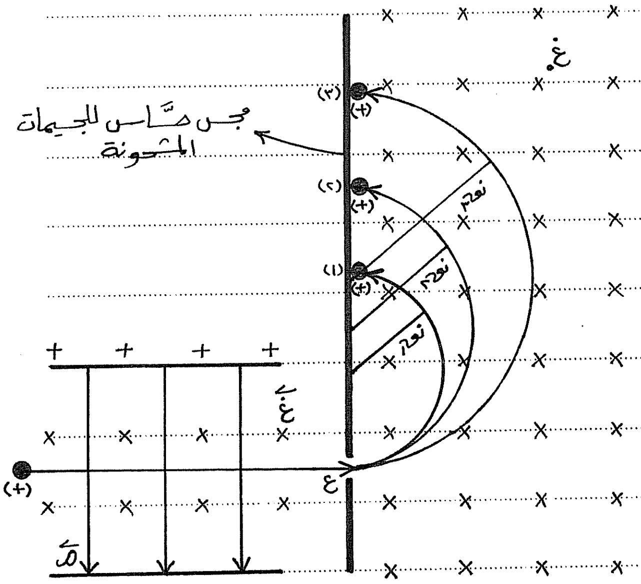
← عن طريق التحكم بمقدار كلٍّ من (ص) و (غ) لتكون نسبة $(\frac{E}{B})$ مساويةً للسرعة المطلوبة.

② مِطْيَاف الكتلة: "جهاز يُستخدم لفصل الأيونات المشحونة بعضها عن بعض بناءً على نسبة شحنة كلٍّ منها إلى كتلته".

* الاستخدامات:

١- معرفة كتل الأيونات المشحونة ونوع شحنتها.

٢- دراسة مكوّنات بعض المركبات الكيميائية.



(مِطْيَاف الكتلة)

* مبدأ العمل: في البداية يُستخدم جهاز "منتقي السرعة" لانتقاء الجسيمات المشحونة التي لها السرعة نفسها، وبعد خروجها منه تدخل منطقة أخرى فيها مجال مغناطيسي آخر (غ.) في نفس اتجاه مجال "منتقي السرعة" يُجبر الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طرديًّا مع كتلة هذه الجسيمات، وفي نهاية المسار الذي

يُشكّل نصف دائرة تصطدم هذه الجسيمات بحس خاص حساس للجسيمات المشحونة .

← يمكن تحديد نسبة الشحنة إلى الكتلة $\left(\frac{ش}{ك}\right)$ اعتماداً على نصف قطر المسار الدائري (نق) :

$$\left(\frac{ش}{ك}\right) = \frac{ع}{نق\ غ}$$

وإذا كانت شحنة الجسيم (ش) معلومة ، فيمكننا حساب كتلة الجسيم (ك) .

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

سؤال : وضح دور كلٍّ من المجال المغناطيسي (غ) والمجال المغناطيسي ($غ_{٠}$) في جهاز "مطياف الكتلة" ؟

← * (غ) ← انتقاء الجسيمات المشحونة التي لها السرعة نفسها .

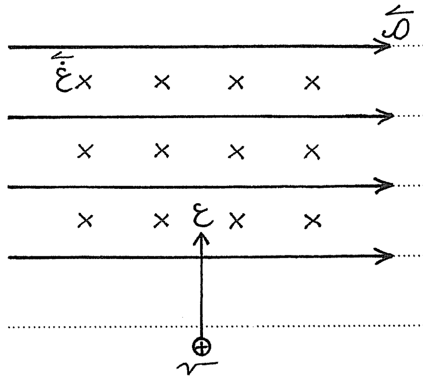
* ($غ_{٠}$) ← إجبار الجسيمات المشحونة على الحركة في مسار دائري يتناسب نصف قطره طردياً مع كتلة هذه الجسيمات .

● أمثلة :

① قُذِفَ جسيم شحنته (٤ ,٠ ميكروكولوم) بسرعة مقدارها (١٠٠ م/ث) نحو (+ص) إلى منطقة مجالين ، أحدهما كهربائي مقداره (٥٠٠ نيوتن/كولوم) متجه نحو (+س) والآخر مغناطيسي مقداره (٢ تسلا) نحو (−ز) ، جد قوة لورنتز المؤثرة في هذا الجسيم لحظة دخوله منطقة المجالين مقداراً واتجاهاً .

← * أولاً ؛ نقوم بحساب ($ق_{ك}$) :

$ق_{ك} = ش \times م = ٤ ,٠ \times ١٠^{-٦} \times ٥٠٠ = ٢ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن (+س)



* ثانياً ، نقوم بحساب (ق غ) :

ق غ = س ع غ جا θ

= ٠ر٤ × ١٠$^{-٦}$ × ١٠٠ × ٢ × $\cancel{\text{جا٩٠}}$ ١

= ٠ر٨ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن (−س)

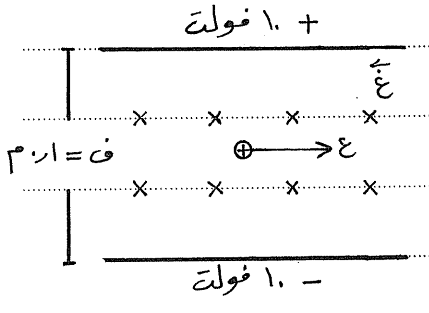
* ثالثاً ، نقوم بحساب (ق لورنتز) :

ق لورنتز = ق ك + ق غ

= ٢ × ١٠$^{-٤}$ − ٠ر٨ × ١٠$^{-٤}$

= ١ر٢ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن (+س) ✓

③ صفيحتان مشحونتان ومغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠ر٢ تسلا) ، تحرّك جسيم مهملُ الكتلة مشحون بشحنة موجبة مقدارها (٢×١٠$^{-٦}$ كولوم) بسرعة (١×١٠^{٤} م/ث) ، بالاستعانة بالقيم والاتجاهات المثبتة على الشكل احسب :



أ) القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم مقداراً واتجاهاً .

ب) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم مقداراً واتجاهاً .

جـ) القوة المحصلة المؤثرة في الجسيم أثناء حركته ، وماذا تُسمّى هذه القوة ؟

← أ) ق غ = س ع غ جا θ

= ٢×١٠$^{-٦}$ × ١×١٠^{٤} × ٠ر٢ × $\cancel{\text{جا٩٠}}$ ١ = ٤×١٠$^{-٣}$ نيوتن (+ص) ✓

ب) أولاً ، نقوم بحساب المجال الكهربائي (م) :

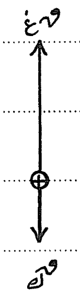
م = Δج / ف

= (١٠ − (−١٠)) / ٠ر١ = ٢٠٠ فولت/م

ثانياً ، نقوم بحساب القوة الكهربائية ($ق_ك$) :

$ق_ك = م \times ش$

$= ٢٠٠ \times ٢ \times ١٠^{-٦} = ٠,٤ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن (-ص)



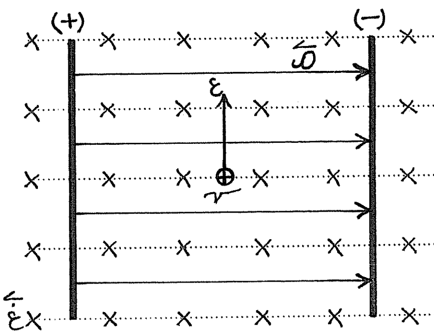
جـ) $ق_{محصلة} = ق_غ + ق_ك$

$= ٤ \times ١٠^{-٣} - ٠,٤ \times ١٠^{-٣}$ (تذكر أنَّ هذا الجمعَ جمعٌ متجهي)

$= ٣,٦ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن (+ص)

وتُسمّى هذه القوةُ المحصلةُ « قوةَ لورنتز » .

٣) في الشكل المجاور صفيحتان متوازيتان مشحونتان ، جهد الصفيحة الموجبة (٧,٥ فولت) وجهد الصفيحة السالبة (-٧,٥ فولت) ، والبعد بينهما (١٠ سم) ، ويمرُّ بينهما جسيم مشحون شحنته (+٤ ميكروكولوم) وبسرعة مقدارها (٣٠٠ م/ث) باتجاه المحور الصادي الموجب ، والصفيحتان مغمورتان في مجال مغناطيسي منتظم (٠,٥ تسلا) اتجاهه نحو المحور الزيني السالب (⊗) :



أ) جد القوة المحصلة (لورنتز) المؤثرة في الشحنة مقداراً واتجاهاً ، وَصِفْ حركة الجسيم .

ب) إذا كانت سرعة الجسيم أكبر من (٣٠٠ م/ث) ماذا سيحدث لحركته ؟

أ) أولاً ، نقوم بحساب ($ق_غ$) :

$ق_غ = ش \, ع \, غ \, جا\theta$

$= ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٣ \times ١٠^{٢} \times ٥ \times ١٠^{-١} \times جا ٩٠ = ٦ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن (-س) .

ثانياً ، نقوم بحساب ($ق_ك$) :

$ق_ك = م \times ش$ ، $م = \frac{\Delta ج}{ف} = \frac{٧,٥ - (-٧,٥)}{٠,١} = ١٥٠$ فولت/م

$= ١٥٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦} = ٦ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن (+س) .

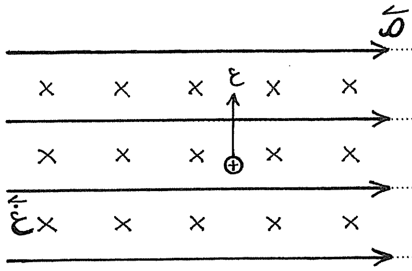
∵ ق لورنتز = ق ك + ق غ

$= 6\times10^{-4} - 6\times10^{-4} =$ صفراً ⇐

∴ الجسم سيكمل حركته بسرعة ثابتة وفي خطٍّ مستقيم . ⇐

ب) زيادة سرعة الجسم المشحون تزيد من مقدار القوة المغناطيسيّة ، فتكون أكبر من القوة الكهربائية .. لذلك سينحرف الجسم نحو الغرب (-س) . ⇐

④ الشكل المجاور يمثّل مجالاً كهربائياً منتظماً يؤثر نحو اليمين ومتعامد مع مجال مغناطيسيٍّ منتظم مبتعداً عن النّاظر ، تحرّكت شحنة كهربائية موجبة تحت تأثير المجالين بسرعة ثابتة نحو الأعلى ، اعتماداً على الرسم أجب عمّا يأتي :



أ) ماذا تُسمّى محصلة القوى المؤثرة على هذه الشحنة ؟

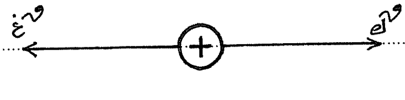
ب) احسب سرعة الشحنة إذا كان مقدار المجال الكهربائي (400 فولت/م) ، والمجال المغناطيسي (0.8 تسلا) .

جـ) صِفْ حركة الشحنة الكهربائية إذا كانت الشحنة سالبة ، فسّر إجابتك .

⇐ أ) تُسمّى " قوة لورنتز " .

ب) بما أنّ الشحنة تتحرّك بسرعة ثابتة ⇐ ق محصلة = 0 ∴

∵ ق لورنتز = ق غ + ق ك



∴ 0 = -ق غ + ق ك

⇐ ق ك = ق غ

~~ش~~ ع غ جا θ = ~~ش~~ × م

ع × 0.8 × جا90 = 400 ⇐ ع = 500 م/ث ⇐

جـ) ستبقى الشحنة بنفس السرعة ونفس الاتجاه ، لأنّ تأثير المجال المغناطيسي سينعكس ، وكذلك تأثير المجال الكهربائي سينعكس ، فتبقى القوى متساوية مقداراً ومتعاكسة اتجاهاً .

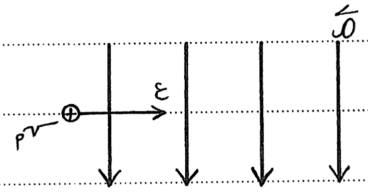
⑤ يتحرَّك بروتون بسرعة ($١,٦ \times ١٠^{٤}$ م/ث) نحو محور السينات الموجب فيدخل إلى منطقة مجال كهربائي مقداره (٢×١٠^{٣} نيوتن/كولوم) واتجاهه نحو محور الصادات السالب:

أ) جد القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقدارًا واتجاهًا.

ب) عند إضافة مجال مغناطيسي إلى المنطقة نفسها، وفي لحظة ما أُدخِلَ بروتون آخر يتحرّك بالسرعة نفسها إلى منطقة المجالين الكهربائي والمغناطيسي، لُوحِظَ أنّ البروتون الثاني أكمل حركته بلا انحراف، احسب مقدار المجال المغناطيسي وحدِّد اتجاهه.

ج) إذا أُدخِلَ جُسيم ألفا بالسرعة نفسها إلى منطقة المجالين الكهربائي والمغناطيسي فهل يُكمل حركته بلا انحراف؟ فسِّر إجابتك.

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



← أ) $ق_{ك} = ش \times م$

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

$= ٣,٢ \times ١٠^{-١٦}$ نيوتن (−ص)

ب) بما أنّ البروتون أكمل حركته بلا انحراف:

$ق_{لورنتز} = ق_{غ} + ق_{ك} = $ صفر ← القوتان متعاكستان.

$ق_{غ} - ق_{ك} = $ صفر

← $ق_{غ} = ق_{ك}$

$ش\,ع\,غ\,جا\theta = ش \times م$

$١,٦ \times ١٠^{٤} \times غ \times جا٩٠° = ٢ \times ١٠^{٣}$

∴ غ = ٠,١٢٥ تسلا

وبما أنّ ($ق_{غ}$) نحو محور الصادات الموجب (+ص)، وباستخدام "قاعدة اليد اليمنى" ← اتجاه المجال المغناطيسي: ⊗

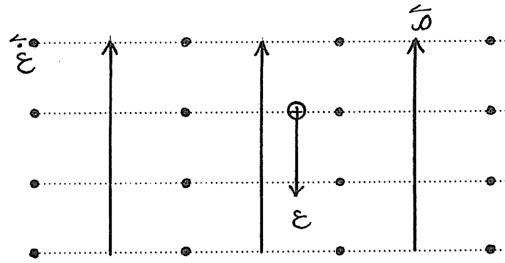
ج) سيكملُ حركته بلا انحراف، لأنّ زيادة الشحنة ستزيد القوة الكهربائية والقوة المغناطيسيّة معاً بحيث يبقى مقدارُهما متساوياً واتجاهها متعاكساً، أمّا الكتلة فلا أثر لها على مقدار القوتين واتجاههما. ✓

⑥ تحرّكت شحنة موجبة مقدارها (٣×١٠^{-٧} كولوم) باتجاه الجنوب وبسرعة ($١٠^{٣}$ م/ث)، فإذا أثّر عليها مجال كهربائي (١×١٠^{٣} نيوتن/كولوم) نحو الشمال، ومجال مغناطيسي ($\frac{٤}{٣}$ تسلا) عمودي على الصفحة نحو النّاظر، احسب:

أ) القوة الكهربائيّة المؤثّرة في الشحنة.

ب) القوة المغناطيسيّة المؤثّرة في الشحنة.

ج) قوة لورنتز.

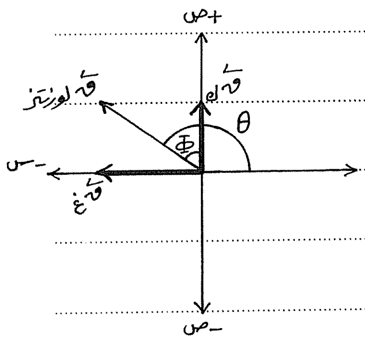


ح ← أ) $ق_{ك} = م \times ش$

$= ١ \times ١٠^{٣} \times ٣ \times ١٠^{-٧} = ٣ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن (+ص) ✓

ب) $ق_{غ} = ش\,ع\,غ\,جا\theta$

$= ٣ \times ١٠^{-٧} \times ١٠^{٣} \times \frac{٤}{٣} \times \cancel{جا٩٠}^{١} = ٤ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن (−س) ✓



ج) $ق_{لورنتز} = \sqrt{ق_{ك}^{٢} + ق_{غ}^{٢}} = \sqrt{(٣ \times ١٠^{-٤})^{٢} + (٤ \times ١٠^{-٤})^{٢}}$

$= \sqrt{٢٥ \times ١٠^{-٨}}$

$= ٥ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن ✓

$ظا\,\Phi = \frac{ق_{غ}}{ق_{ك}}$

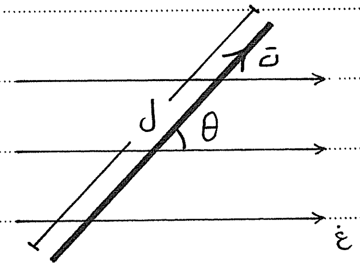
$= \frac{٤ \times ١٠^{-٤}}{٣ \times ١٠^{-٤}} = \frac{٤}{٣} \leftarrow \Phi \cong ٥٣°$

$\therefore \theta = ٩٠° + \Phi = ٩٠° + ٥٣°$

$= ١٤٣°$ ✓

القوة المغناطيسيَّة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي في موصل مستقيم يحمل تياراً كهربائياً :

← تعلمنا أنَّ المجال المغناطيسي يؤثر بقوة مغناطيسيَّة في شحنة كهربائية تتحرَّك فيه ، والتيار الكهربائي عبارة عن سَيْل من الشحنات الكهربائية المتحركة في اتجاه واحد ، فإذا وُضِعَ سلك موصل يسري فيه تيار كهربائي في مجال مغناطيسي فإنَّ هذا المجال سيؤثر بقوة مغناطيسيَّة في الشحنات الكهربائية المتحركة ، فيتأثر السلك الموصل بالقوى المحصلة المؤثرة في هذه الشحنات المتحركة، ويمكن حساب هذه القوة بالعلاقة :



$$\boxed{ق_{غ} = ت \times ل \times غ \times جا\theta}$$

$$\boxed{\vec{ق}_{غ} = ت\ \vec{ل} \times \vec{غ}}$$

حيث :

$ق_{غ}$: القوة المغناطيسيَّة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار . [نيوتن]

ت : مقدار التيار السَّاري في السلك . [أمبير]

غ : المجال المغناطيسي المؤثر في السلك . [تسلا]

ل : طول السلك . [م]

تنبيه : يتحدَّد اتجاه ($\vec{ل}$) باتجاه التيار المار في السلك .

سؤال : اذكر العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسيَّة المؤثرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً و مغمور في مجال مغناطيسي ؟

← ١- التيار الكهربائي (طردياً) .

٢- طول السلك (طردياً) .

٣- المجال المغناطيسي (طردياً) .

٤- جيب الزاوية المحصورة بين ($\vec{ل}$) و ($\vec{غ}$) (طردياً) .

← يكون اتجاه القوة المغناطيسيَّة مُعامداً لاتجاه المجال المغناطيسي وطول السلك ، ويُحدَّدُ باستخدام "قاعدة اليد اليمنى" .

← يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة في السلك الموصل "عمليّاً" من اتجاه انحناء الموصل أو إزاحته إذا كان قابلاً للانزلاق أو الحركة .

← يُرمَزُ للسلك المتعامد مع سطح الورقة إذا كان اتجاه التيار فيه نحو النّاظر بالرمز ⊙ ، وأمّا إن كان بعيداً عن الناظر فبالرمز ⊗ .

سؤال: متى تكون القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة في السلك أكبر ما يمكن ؟ ومتى تكون صفراً ؟

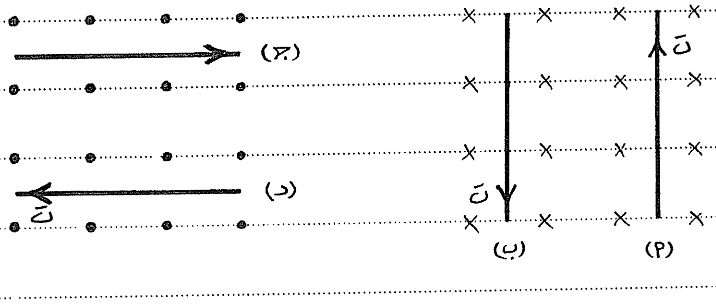
← تكون القوة المغناطيسيَّة أكبر ما يمكن عندما يكون السلك معامداً للمجال المغناطيسي ($\theta = 90°$) ، وتكون صفراً عندما يكون السلك موازياً لخطوط المجال المغناطيسي ($\theta = 0 , 180°$) .

سؤال: اذكر بعض الأجهزة الكهربائية التي تعتمد في عملها على القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة في موصل يحمل تياراً كهربائياً داخل مجال مغناطيسي ؟

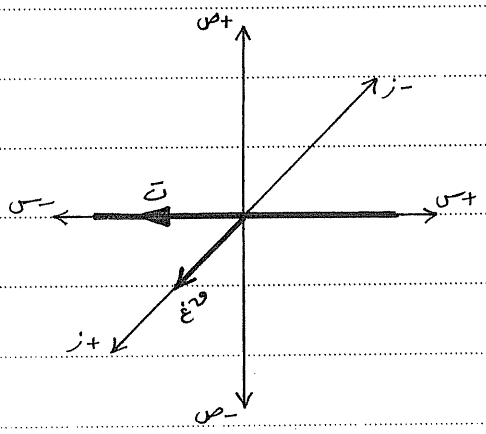
← ١- مكبِّرات الصوت .
٢- الغلفانوميتر (جهاز يُستخدم للكشف عن التيارات الكهربائية الصغيرة) .
٣- المحرِّك الكهربائي (جزء أساسي من المراوح والسّيّارات الحديثة وغيرها) .

● أمثلة :

① حدِّد باستخدام قاعدة اليد اليمنى اتجاه القوة المغناطيسيَّة المؤثِّرة على السلك في الأشكال التالية :



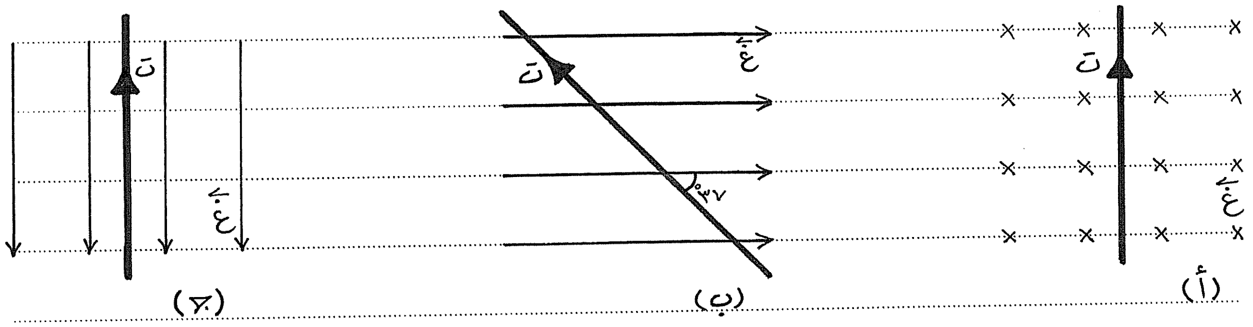
← (أ) نحو اليسار . (ج) نحو الأسفل .
(ب) نحو اليمين . (د) نحو الأعلى .



② يُبيّن الشكل المجاور موصلاً مستقيماً يمرُّ فيه تيار كهربائي باتجاه المحور السيني السالب، فإذا كان الموصل مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم وأثّر فيه بقوة مغناطيسية بالاتجاه المبيّن في الشكل، فحدّد اتجاه المجال المغناطيسي.

← (–ص) ✓

③ موصل مستقيم طوله (٢٠ سم) يمرُّ فيه تيار كهربائي مقداره (٤ أمبير) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,١ تسلا)، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في هذا الموصل مقداراً واتجاهاً في الحالات المبيّنة في الشكل المجاور.



← أ) $ق_غ$ = ت ل غ جاθ = ٤ × ٢ × $١٠^{-١}$ × ١ × $١٠^{-١}$ × $\cancel{جا٩٠°}$ ١

= ٨ × $١٠^{-٢}$ نيوتن (–س) ✓

ب) $ق_غ$ = ت ل غ جاθ = ٤ × ٢ × $١٠^{-١}$ × ١ × $١٠^{-١}$ × $\cancel{جا١٤٣°}$ ٠,٦

= ٤,٨ × $١٠^{-٢}$ نيوتن (X) أو (–ز) ✓

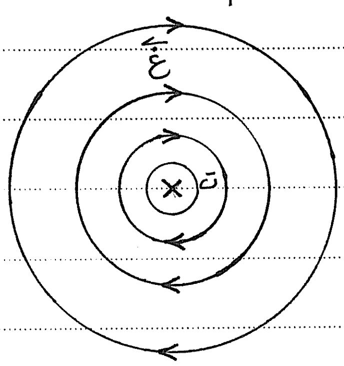
ج) $ق_غ$ = ت ل غ جاθ = ٤ × ٢ × $١٠^{-١}$ × ١ × $١٠^{-١}$ × $\cancel{جا١٨٠°}$ صفر

= ٠ ✓

المجال المغناطيسي النَّاشئ عن تيَّار كهربائي :

← يُعَدُّ التيَّارُ الكهربائيُّ أهم مصدر لإنتاج المجال المغناطيسي ، إذ إنَّ مرور تيَّار كهربائي في موصل يولِّد حولَهُ مجالاً مغناطيسيًّا يعتمد مقداره واتجاهه على شكل الموصل .

** المجال المغناطيسي النَّاشئ عن تيَّار كهربائي يمرُّ في موصل مستقيم طويل :



← وَصْف المجال : دوائر تقع مراكزها على محور السلك ، وفي مستوى متعامد مع السلك .

← الاتجاه : باستخدام "قاعدة قبضة اليد اليمنى" .

← المقدار : باستخدام العلاقة الرياضيَّة الآتية :

$$\boxed{\text{غ} = \frac{\text{م}_{.}\ \text{ت}}{\text{٢}\pi\ \text{ف}}}$$

حيث :

ت : التيَّار الكهربائي المار في الموصل [أمبير] .

ف : المسافة العموديَّة بين النقطة المراد حساب المجال المغناطيسي عندها وبين محور السلك الموصل [م] .

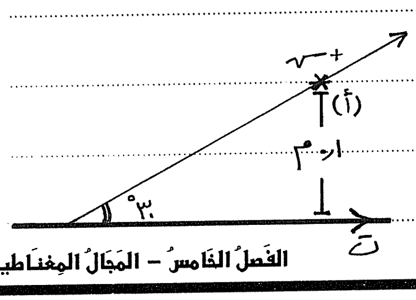
م. : النفاذية المغناطيسيَّة للفراغ ، وتساوي ($\text{٤}\pi \times \text{١٠}^{-\text{٧}}$ تسلا.م/أمبير) .

تنبيه : (م.) تعتمد على نوع المادَّة ، فتتغيَّر بتغيُّر نوع الوسط المحيط بالموصل .

فائدة : $[\text{م}_{.}] = \frac{[\text{ف}][\text{غ}][\text{٢}\pi]}{[\text{ت}]}$ = تسلا.م/أمبير .

أمثلة :

① سلك مستقيم لانهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره (١٥ أمبير) ، إذا تحرَّك جسم مشحون بشحنة ($\text{٤} \times \text{١٠}^{-\text{٩}}$ كولوم) ومهمل الكتلة بسرعة ($\text{٥} \times \text{١٠}^{\text{٤}}$ م/ث) باتجاه يصنع زاوية (٣٠°) مع اتجاه التيَّار كما في الشكل ، فاحسب :



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

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

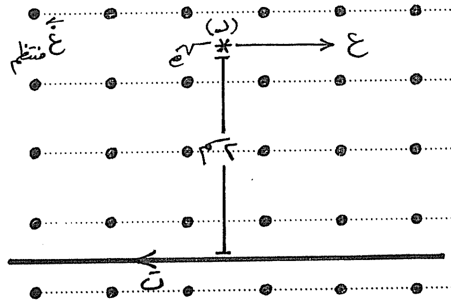
← أ) $غ_{(أ)} = \frac{\mu_0 ت}{2\pi ف} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5}{2\pi \times 1 \times 10^{-1}} = 3 \times 10^{-6}$ تسلا ⊙ ✓

ب) $ق_غ = س ع غ$ جاθ

$= 4 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^{4} \times 3 \times 10^{-6} \times$ جا$\cancel{90°}$ (1)

$= 6 \times 10^{-10}$ نيوتن ✓

② سلك مستقيم طويل جداً يمرُّ فيه تيار كهربائي مقداره (4 أمبير)، مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (5×10^{-5} تسلا) كما في الشكل المجاور، احسب:



أ) القوة المغناطيسية المؤثرة في جزء من السلك طوله (1م) وحدِّد اتجاهها .

ب) المجال المغناطيسي الكلي عند النقطة (د) .

ج) القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك بسرعة (2×10^{5} م/ث) لحظة مروره بالنقطة (د) بالاتجاه السيني الموجب .

← أ) $ق_غ = ت \times ل \times غ \times$ جاθ

$= 4 \times 1 \times 5 \times 10^{-5} \times$ جا$\cancel{90°}$ (1)

$= 2 \times 10^{-4}$ نيوتن (+ص) ✓

ب) المجال الكلي عند النقطة (د) هو محصلة المجال المنتظم ($غ_{منتظم}$) و مجال السلك ($غ_{سلك}$) :

* $غ_{منتظم} = 5 \times 10^{-5}$ تسلا ⊙

* $غ_{سلك} = \frac{\mu_0 ت}{2\pi ف} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 2 \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5}$ تسلا ⊗

∴ $غ_د$ = غ منتظم − غ سلك

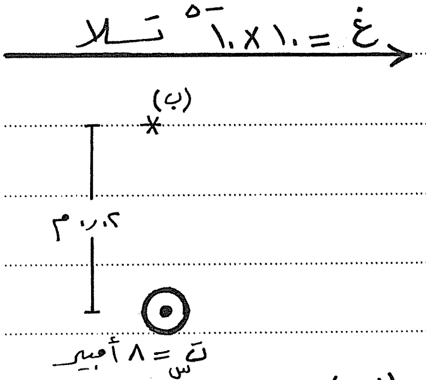
= $٥ \times ١٠^{-٥} - ٤ \times ١٠^{-٥} = ١ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊙ ✓

جـ) قغ = شـ ع غ جاθ

= $١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٢ \times ١٠^{٥} \times ١ \times ١٠^{-٥} \times$ جا٩٠°

= $٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ نيوتن (+ص) ✓

③ (س) سلك طويل مستقيم لانهائي، يحمل تيارًا كهربائيًا مقداره (٨ أمبير) باتجاه خارج من الصفحة، ومغمور كليًا في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (١٠×١٠^{-٥} تسلا) كما في الشكل المجاور، بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه، احسب:



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

ب) محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (ب).

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

← أ) قغ = ت × ل × غ × جاθ

$\frac{قغ}{ل}$ = ت × غ × جاθ ، $\frac{قغ}{ل}$: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال.

= $٨ \times ١٠ \times ١٠^{-٥} \times$ جا٩٠°

= ٨×١٠^{-٤} نيوتن/م (+ص) ✓

ب) * غ منتظم = ١٠×١٠^{-٥} تسلا (+س)

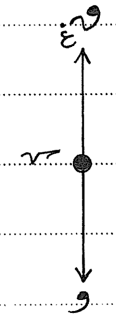
* غ سلك = $\frac{\mu ت}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٨}{٢\pi \times ٢ \times ١٠^{-٢}} = ٨ \times ١٠^{-٥}$ تسلا (−س)

∴ $غ_ب$ = غ منتظم − غ سلك = $١٠ \times ١٠^{-٥} - ٨ \times ١٠^{-٥} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا (+س) ✓

ب) أولاً ؛ نقوم بحساب القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم لحظة مروره بالنقطة (ب) :

$و_غ = س ع غ جا\theta$

$= ٤×١٠^{-٩} × ١٠^{٧} × ٢×١٠^{-٥} × جا ٩٠ = ٨×١٠^{-٧}$ نيوتن (+ص)



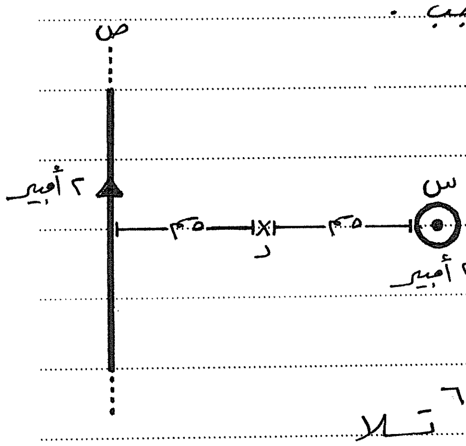
وبما أنّ الجسم حافظ على اتجاه حركته :

∴ $و_{محصلة} = و - و_غ = ٠$

$و = و_غ$

∴ $و = ٨×١٠^{-٧}$ نيوتن (-ص)

٤) احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون لحظة مروره بالنقطة (د) بسرعة ($٢×١٠^{٥}$ م/ث) باتجاه محور الصادات الموجب.



← أولاً ؛ نقوم بحساب ($غ_د$) :

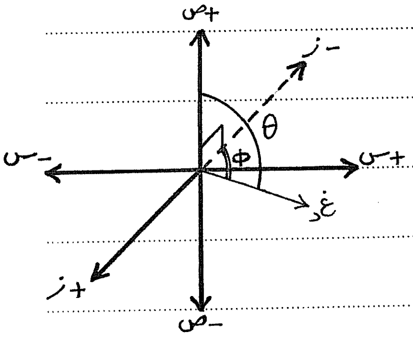
بما أنّ تيار السلكين متساوٍ ، وبُعد النقطة (د) عن كل منهما متساوٍ ، فإنّه :

$غ_س = غ_ص = \frac{\mu_0 ت}{٢\pi ف}$

$= \frac{٤\pi×١٠^{-٧}×٢}{٢\pi×٥×١٠^{-٢}} = ٨×١٠^{-٦}$ تسلا

* $غ_س = ٨×١٠^{-٦}$ تسلا (-ص)

* $غ_ص = ٨×١٠^{-٦}$ تسلا (-ز) ⊗



∴ $غ_د = \sqrt{غ_س^٢ + غ_ص^٢} = \sqrt{(٨×١٠^{-٦})^٢ + (٨×١٠^{-٦})^٢}$

$\simeq ١١,٣ × ١٠^{-٦}$ تسلا

$ظا\Phi = \frac{غ_ص}{غ_س} = \frac{٨×١٠^{-٦}}{٨×١٠^{-٦}} = ١$ ← $\Phi = ٤٥°$ (مع محور "-ز")

← $\theta = ٩٠° + \Phi$

$\theta = ٩٠° + ٤٥° = ١٣٥°$

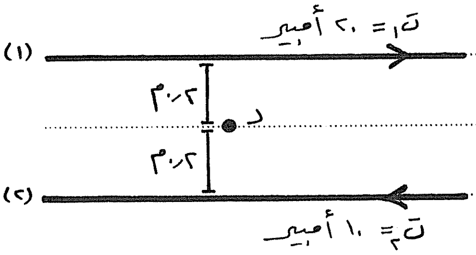
ثانياً، نقوم بحساب (ق غ):

$$ق_غ = س\ ع\ غ\ جا\ \theta$$

$$= ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٢ \times ١٠^{٥} \times ١١,٣ \times ١٠^{-٦} \times \overset{٠,٧}{\cancel{جا ١٣٥°}}$$

$$\cong ٢٥,٣ \times ١٠^{-٢٠}\ نيوتن\ (+س)$$

⑤ موصلان مستقيمان متوازيان طويلان يحملان تيارين متعاكسين ($ت_١$، $ت_٢$) كما في الشكل المجاور، معتمداً على الشكل أجب عمّا يأتي:



أ) جد المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (د) مقداراً واتجاهاً.

ب) حدِّد موقع النقطة أو النقاط التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي.

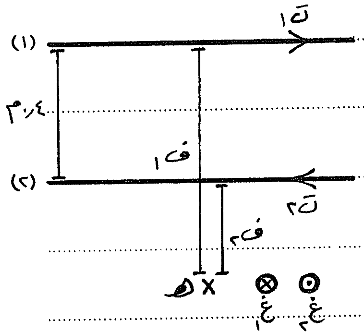
← أ) المجال المغناطيسي عند النقطة (د) ناشئ عن السلكين (١) و(٢):

* $غ_١ = \frac{\mu_. ت_١}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٢٠}{٢\pi \times ٢ \times ١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊗

* $غ_٢ = \frac{\mu_. ت_٢}{٢\pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١٠}{٢\pi \times ٢ \times ١٠^{-٢}} = ١ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊗

∴ $غ_د = غ_١ + غ_٢ = ٢ \times ١٠^{-٥} + ١ \times ١٠^{-٥} = ٣ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊗ ✓

ب) لكي ينعدم المجال عند نقطة ما، فيجب أن يؤثر عليها مجالان متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه .. وهذا لا يتحقق إلا أسفل السلك (٢).



∴ $غ_هـ = غ_١ - غ_٢$

∴ $\cdot = غ_١ - غ_٢ \leftarrow غ_١ = غ_٢$

$$\frac{\cancel{\mu_.} ت_١}{\cancel{٢\pi} ف_١} = \frac{\cancel{\mu_.} ت_٢}{\cancel{٢\pi} ف_٢}$$

$$\frac{ت_١}{ف_١} = \frac{ت_٢}{ف_٢}$$

لكن : $ف_1 = ف_2 + ٠٫٠٤$

← $\frac{ت_1}{(ف_2 + ٠٫٠٤)} = \frac{ت_2}{ف_2}$ ← $\frac{٢٠}{(ف_2 + ٠٫٠٤)} = \frac{١٠}{ف_2}$

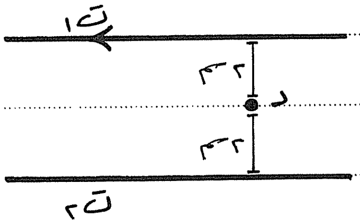
∴ $٢٠ ف_2 = ١٠ ف_2 + ٤$

$٢٠ ف_2 - ١٠ ف_2 = ٤$

$١٠ ف_2 = ٤$ ← $ف_2 = ٠٫٠٤$ م ، $ف_1 = ٠٫٠٤ + ٠٫٠٤ = ٠٫٠٨$ م ✓

∴ ينعدم المجال المغناطيسي عند النقاط جميعها الواقعة على خطٍّ مستقيم يوازي الموصلين وعلى بُعْد (٠٫٠٤م) من السلك (٢) ، وعلى بُعْد (٠٫٠٨م) من السلك (١) . ✓

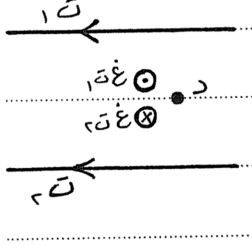
⑥ سلكان مستقيمان متوازيان لانهائيا الطول في مستوى الصفحة ، يحملان تيارين ($ت_1$ = ٦ أمبير) و($ت_2$) كما في الشكل المجاور ، احسب مقدار واتجاه ($ت_2$) ليصبح المجال المغناطيسي المحصِّل عند النقطة (د) يساوي (٤×١٠^{-٥} تسلا) نحو النَّاظر .



← أولاً ؛ نقوم بحساب المجال المغناطيسي عند النقطة (د) النَّاشئ عن ($ت_1$) :

$غ_{ت_1} = \frac{م. ت_1}{٢ \pi ف} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٦}{٢\pi \times ٢ \times ١٠^{-٢}} = ٦ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊙

ثانياً ؛ بما أنَّ المجال المحصِّل يساوي (٤×١٠^{-٥} تسلا) نحو النَّاظر ، إذًا فهو ناتج عن الفرق بين المجالين :



$غ_{د} = غ_{ت_1} - غ_{ت_2}$

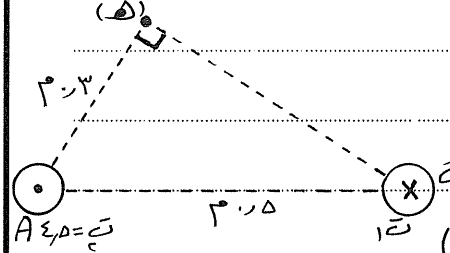
$٤ \times ١٠^{-٥} = ٦ \times ١٠^{-٥} - غ_{ت_2}$ ← $غ_{ت_2} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊗

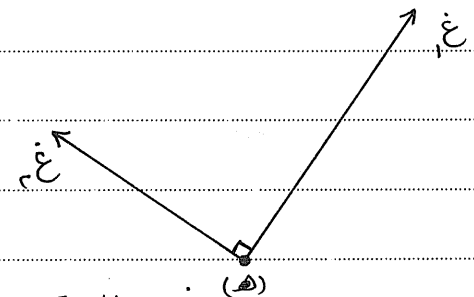
∴ $غ_{ت_2} = \frac{م. ت_2}{٢\pi ف}$

$٢ \times ١٠^{-٥} = \frac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت_2}{٢\pi \times ٢ \times ١٠^{-٢}}$ ← $٢ \times ١٠^{-٥} = ١ \times ١٠^{-٥} \, ت_2$

← $ت_2$ = ٢ أمبير ، بنفس اتجاه ($ت_1$) . ✓

⑦ سلكان مستقيمان لانهائيا الطول ومتوازيان وعموديان على الصفحة كما في الشكل، ويحملان تيارين، والنقطة (هـ) تقع في مستوى الصفحة، اعتماداً على القيم الواردة في الشكل المجاور؛ احسب قيمة التيّار في السلك الأول (ت١)، علماً بأنّ محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة (هـ) تساوي (٥×١٠^{-٦} تسلا).





← "غهـ" هو محصلة مجال السلك الأول والسلك الثاني عند النقطة (هـ):

$$غ_{هـ} = \sqrt{غ_١^٢ + غ_٢^٢}$$

$$٥ \times ١٠^{-٦} = \sqrt{غ_١^٢ + (٣ \times ١٠^{-٦})^٢}$$

$$٥ \times ١٠^{-٦} = \sqrt{غ_١^٢ + ٩ \times ١٠^{-١٢}}$$

← $٢٥ \times ١٠^{-١٢} = غ_١^٢ + ٩ \times ١٠^{-١٢}$ (بتربيع الطرفين)

$\therefore غ_١^٢ = ١٦ \times ١٠^{-١٢}$

$غ_١ = ٤ \times ١٠^{-٦}$ تسلا

← $غ_١ = \dfrac{م. ت_١}{٢\pi ف}$

$٤ \times ١٠^{-٦} = \dfrac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت_١}{٢\pi \times ٤ \times ١٠^{-١}}$ ← $ت_١ = ٨$ أمبير.

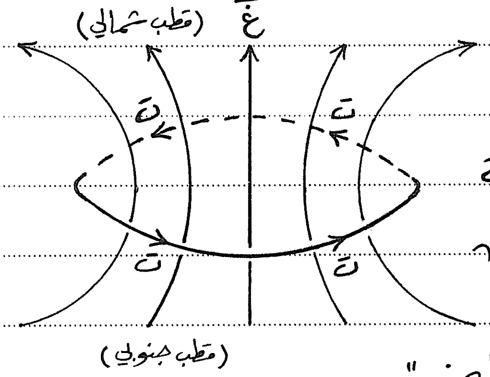
$غ_٢ = \dfrac{م. ت_٢}{٢\pi ف}$

$= \dfrac{٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٤,٥}{٢\pi \times ٠,٣}$

$= ٣ \times ١٠^{-٦}$ تسلا

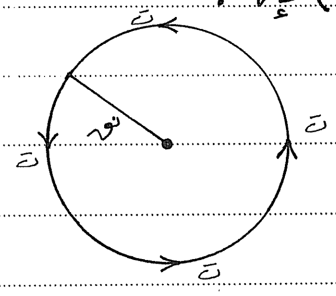
** المجال المغناطيسي النّاشئ عن تيار كهربائي يمرُّ في ملفٍ دائري :

← وصف المجال : خط مستقيم عمودي على مستوى الملف في مركز الملف الدّائري (منتظم) ، وخطوط منحنية يزداد انحناؤها كلّما ابتعدنا عن مركز الملف الدّائري (غير منتظم) .



← الاتجاه : باستخدام "قاعدة قبضة اليد اليمنى" ، حيث يُشير الإبهام إلى القطب الشمالي .

← المقدار : بإجراء اشتقاق من قانون (بيو – سافار) فإنّ :



$$\boxed{غ = \frac{\mu_0 \cdot ن \cdot ت}{2\, نق}}$$

حيث :

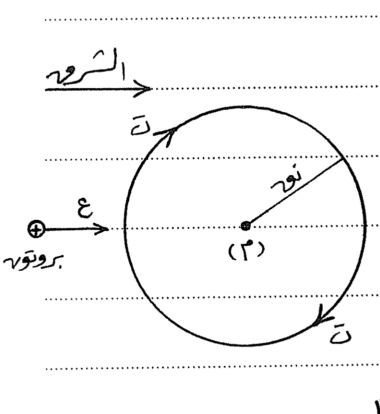
ن : عدد لفات الملف .

نق : نصف قطر الملف الدّائري [م]

← تدخلُ الملفاتُ الدّائريّة في تركيب بعض الأجهزة الكهربائية ، مثل المحوّل الكهربائي .

● **أمثلة :**

① بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل الذي يُبيّنُ ملفاً دائرياً مستواه منطبق على سطح الورقة ، ويسري فيه تيار مقداره (١٠ أمبير) ونصف قطره (١١×١٠^{-٢} م) ، وعدد لفاته (٣٥٠ لفة) احسب ما يأتي :



أ) المجال المغناطيسي في مركز الملف (م) مقداراً واتجاهاً .

ب) القوة المغناطيسيّة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في بروتون يتحرّك نحو الشرق بسرعة (٥×١٠^{٧} م/ث) لحظة مروره بمركز الملف (م) مقداراً واتجاهاً .

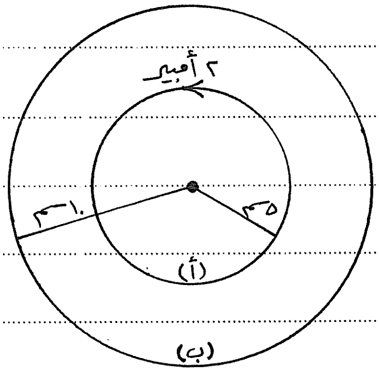
← أ) $غ_م = \frac{\mu_0 ت}{2 نق} = \frac{3500 \times \pi 4 \times 10^{-7} \times 10}{2 \times 11 \times 10^{-2}} = 0.2$ تسلا ⊗ ✓

ب) $ق_غ = س ع غ جا\theta$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{7} \times 0.2 \times \cancel{جا 90^\circ}$

$= 1.6 \times 10^{-12}$ نيوتن (+ص) ✓

② ملفان دائريان متحدان في المركز، ويقعان في مستوى الصفحة، إذا كان المجال المغناطيسي في مركز الملفين يساوي صفراً، وعلمت أن عدد لفات الملف الخارجي (٢٠٠ لفة) وعدد لفات الملف الداخلي (١٠٠ لفة)، فاحسب التيار الكهربائي المار في الملف الخارجي، ثمّ عيّن اتجاهه.



← بما أن محصلة المجال المغناطيسي في مركز الملفين يساوي صفراً، فإن:

$غ_أ = غ_ب$

$\frac{\cancel{\mu_0} ن_أ ت_أ}{\cancel{2} نق_أ} = \frac{\cancel{\mu_0} ن_ب ت_ب}{\cancel{2} نق_ب}$ ← $\frac{ن_أ ت_أ}{نق_أ} = \frac{ن_ب ت_ب}{نق_ب}$

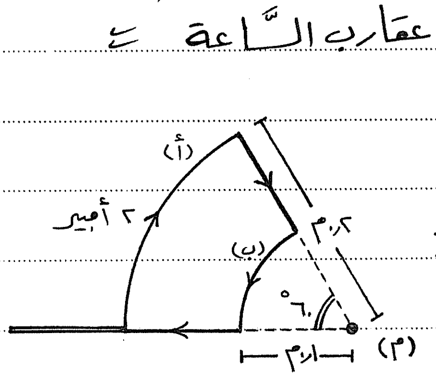
← $\frac{100 \times 2}{5 \times 10^{-2}} = \frac{200 \times ت_ب}{10 \times 10^{-2}}$

← $5 ت_ب = 10$

∴ $ت_ب = 2$ أمبير ✓

مع عقارب الساعة ✓

③ في الشكل المجاور؛ جد المجال المغناطيسي عند النقطة (م) مستخدماً المعلومات الموجودة في الشكل.



← النقطة (م) تقع على امتداد قطعتين مستقيمتين ، فلا تؤثران فيها بمجال مغناطيسي .

أمّا اللفتان (أ) و (ب) فتؤثران على النقطة (م) بمجال مغناطيسي :

* $غ_أ = \frac{م_ن . ت}{2\, نق_أ}$

$= \frac{(\frac{1}{6}) \times 4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2 \times 2 \times 10^{-1}}$ ، $\boxed{ن = \frac{\theta}{360°}}$

$= \frac{\pi}{3} \times 10^{-6}$ تسلا ⊗

$= \frac{60°}{360°} = \frac{1}{6}$ لفة

* $غ_ب = \frac{م_ن . ت}{2\, نق_ب}$

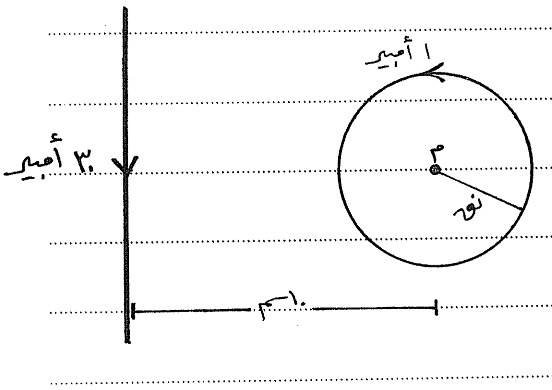
$= \frac{(\frac{1}{6}) \times 4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2 \times 1 \times 10^{-1}}$

$= \frac{2\pi}{3} \times 10^{-6}$ تسلا ⊙

∴ $غ_م = غ_ب - غ_أ = \frac{2\pi}{3} \times 10^{-6} - \frac{\pi}{3} \times 10^{-6}$

$= \frac{\pi}{3} \times 10^{-6}$ تسلا ⊙

④ سلك لانهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره (٣٠ أمبير) ، و يقع على يمينه وفي مستوى الصفحة ملف دائري يتكوّن من (٤) لفات ، ومتوسط نصف قطره (π سم) ، ويحمل تياراً مقداره (١ أمبير) ، ويَبْعُدُ مركزه (١٠ سم) عن محور السلك كما في الشكل المجاور ، احسب المجال المغناطيسي في مركز الملف .



← المجال المغناطيسي في مركز الملف ناتج عن مجال الملف الدائري ومجال السلك المستقيم :

* $غ_{دائري} = \frac{م_ن . ت_{دائري}}{2\, نق} = \frac{4 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2 \times \pi \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-5}$ تسلا ⊙

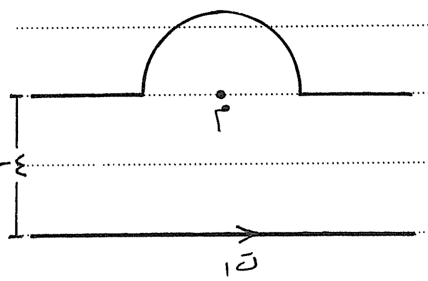
* $غ_{مستقيم} = \frac{م . ت_{مستقيم}}{2\pi\, ف} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 10 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-5}$ تسلا ⊙

$\therefore$ غ$_م$ = غ$_{دائري}$ + غ$_{مستقيم}$

$= 8\times10^{-5} + 6\times10^{-5}$

$= 14\times10^{-5}$ تسلا $\odot$ ✓

⑤ يمثل الشكل المجاور سلكاً مستقيماً لانهائي الطول، يسري فيه تيار كهربائي (ت$_1$ = ٨ أمبير) ويقع في مستوى الصفحة، وسلك آخر في نفس المستوى صُنِعَ منه نصف لفة نصف قطرها (π سم) ويسري فيه تيار كهربائي (ت$_2$)، احسب مقدار التيار (ت$_2$) وحدِّد اتجاهه في السلك الثاني بحيث ينعدم المجال المغناطيسي المحصّل في مركز اللفة (م).



← لينعدم المجال المغناطيسي في النقطة (م)، فإنّ:

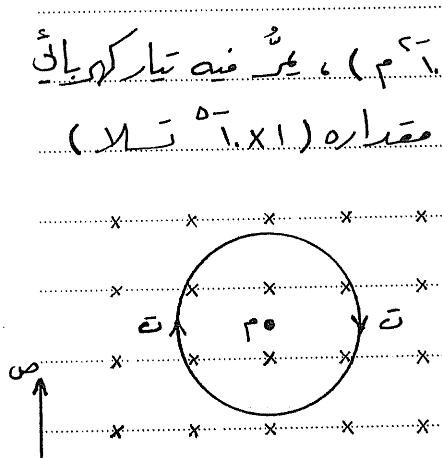
غ$_{لفة}$ = غ$_{مستقيم}$

$$\frac{ن\,\cancel{\mu}\,ت_2}{\cancel{2}\,نق} = \frac{\cancel{\mu}\,ت_1}{\cancel{2}\pi\,ف}$$

$$\frac{(\frac{1}{2})\times ت_2}{\pi\times10^{-2}} = \frac{8}{\pi\times4\times10^{-2}} \rightarrow ت_2 = 4 \text{ أمبير ✓}$$

مع عقارب الساعة ✓

⑥ ملف دائري عدد لفاته (٧) لفات، ونصف قطره (4×10^{-2} م)، يمرُّ فيه تيار كهربائي مقداره (٢ أمبير)، مغمور في مجال مغناطيسي خارجي مقداره (1×10^{-5} تسلا) كما في الشكل:



أ) احسب مقدار واتجاه المجال المحصّل في مركز الملف (م).

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

جـ) احسب مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المجال

المحصِّل على شحنة مقدارها (-١×١٠^{-٣} كولوم) تتحرَّك باتجاهٍ يوازي محور السينات الموجب بسرعة (١×١٠^{٣} م/ث) .

← أ) مركز الملف (م) خاضع لمجالين ، (غ منتظم) و (غ ملف) :

* غ منتظم = ١×١٠^{-٥} تسلا ⊗

* غ ملف = $\frac{\mu_. \text{ت ن}}{٢ \text{نق}} = \frac{٧ \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ٢}{٢ \times ٤ \times ١٠^{-٢}}$

= ٢٢×١٠^{-٥} تسلا ⊗

∴ غ م = غ منتظم + غ ملف

= $١ \times ١٠^{-٥} + ٢٢ \times ١٠^{-٥} = ٢٣ \times ١٠^{-٥}$ تسلا ⊗ ✓

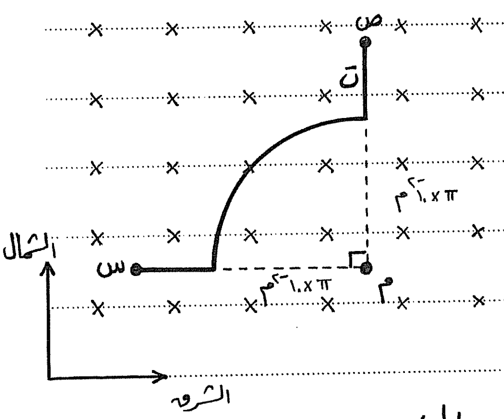
ب) قاعدة "قبضة اليد اليمنى" .

جـ) ق غ = س ع غ جا θ

= $١ \times ١٠^{-٣} \times ١ \times ١٠^{٣} \times ٢٣ \times ١٠^{-٥} \times$ جا ٩٠°

= ٢٣×١٠^{-٥} نيوتن (−ص) ✓

⑦ يمثل الشكل المجاور سلكاً (س ص) يحمل تياراً كهربائياً (ت) ومغمور في مجال مغناطيسي (٦×١٠^{-٥} تسلا) ، تتحرك شحنة كهربائية نقطية (٢×١٠^{-٦} كولوم) نحو الشرق بسرعة (٤×١٠^{٥} م/ث) ، احسب مقدار واتجاه التيار (ت) الذي يجعل تلك الشحنة عند مرورها بالنقطة (م) تتأثر بقوة (٤٠×١٠^{-٦} نيوتن) نحو الجنوب .



← أولاً ؛ نقوم بحساب المجال المغناطيسي المحصِّل عند النقطة (م) :

ق غ = س ع غ جا θ

$٤٠ \times ١٠^{-٦} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{٥} \times$ غ م × جا ٩٠° ← غ م = ٥×١٠^{-٥} تسلا ⊙ ✓

ثانياً ، بما أنَّ (غم < غ منتظم) ، و (غم) : ⊙ ، (غ منتظم) : ⊗ ، إذاً :

غم = غ ملف − غ منتظم

$٥ \times ١٠^{-٥} = \frac{\mu_{.} ن ت}{٢ نق} - ٦ \times ١٠^{-٥}$

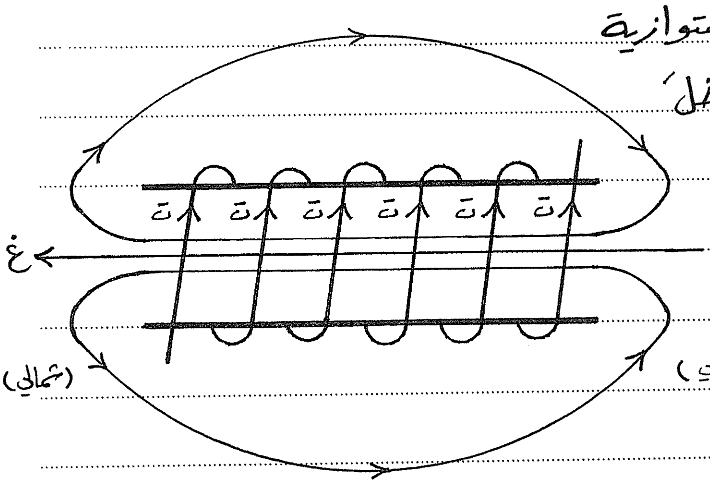
$١١ \times ١٠^{-٥} = \frac{(\frac{١}{٤}) \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت}{٢ \times \pi \times ١٠^{-٢}}$

$١١ \times ١٠^{-٥} = ٠,٥ \times ١٠^{-٥}$ ت

∴ ت = ٢٢ أمبير (من ص ← س) ✓

* المجال المغناطيسي النَّاشئ عن التيار المار في ملف لولبي :

← وَصْف المجال : خطوط مستقيمة متوازية وبالاتجاه نفسه داخل الملف (مجال منتظم) بعيداً عن طرفيه ، وخطوط منحنية خارجه (مجال غير منتظم) .

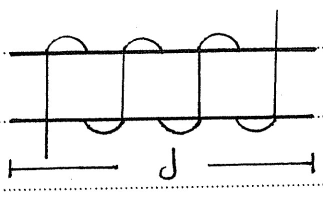


← الاتجاه : باستخدام "قاعدة قبضة اليد اليمنى" ، حيث يُشير الإبهام إلى القطب الشمالي .

← المقدار : يتمُّ حساب مقدار المجال المغناطيسي في مركز الملف اللَّولبي وعلى طول محوره بالعلاقة الآتية :

$$\boxed{غ = \frac{\mu_{.} ن ت}{ل}}$$

حيث :



ن : عدد لفات الملف .

ل : طول الملف [م]

* ويمكن كتابة العلاقة السابقة بالصورة الآتية :

$$\boxed{غ = \mu_0 \, ن \, ت}$$

حيث :

ن : عدد اللفات في وحدة الأطوال من الملف ($\frac{ن}{ل}$) . [لفة/م]

فائدة : يشبه المجال المغناطيسي الناشئ في الملف اللولبي المجال المغناطيسي للمغناطيس المستقيم ، إلا أنه يمكن التحكم في مقداره واتجاهه عن طريق التحكم في التيار المار فيه .

علل : « يزداد مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي بزيادة عدد لفاته » ؟

← وذلك لأن المجال داخل الملف يمثل ناتج الجمع الاتجاهي للمجالات المغناطيسية الناشئة عن التيار الكهربائي المار في الحلقات الدائرية المكونة له .

علل : « تستخدم أسلاك رفيعة ومتراصة للحصول على مجال مغناطيسي منتظم تماماً داخل الملف اللولبي » ؟

← لأنه كلما زاد تراص حلقات الملف اللولبي زاد انتظام مجاله .

● **أمثلة :**

① ملف حلزوني ، يمر فيه تيار كهربائي مقداره (١ أمبير) ، ما عدد لفاته لكل وحدة طول إذا كان المجال المغناطيسي في مركزه يساوي (٥×١٠^{-٤} تسلا) ؟

← غ = μ_0 ن . ت

$٥ \times ١٠^{-٤} = ن \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١$ ← ن ≃ ٤٠٠ لفة/م ≃

② ملف لولبي يحتوي على (١٠٠) لفة لكل (١سم) من طوله ، ويحمل تياراً باتجاه عقارب الساعة (عند النظر إليه من اليمين) مقداره (١٠ أمبير) ، احسب :

أ) المجال المغناطيسي داخل الملف على امتداد محوره .

ب) مقدار واتجاه التيَّار اللَّازم إمرارُه في ملف لولبي آخر عدد لفاته (٤٠) لفة لكلِّ سم من طوله ، يحيط بالأوَّل بإحكام ليصبح المجال المغناطيسي الكلِّي داخل الملف يساوي صفراً .

← أ) $غ_1 = \mu\, ن\, ت_1$ ، $ن = ١٠٠$ لفة/سم $= ١٠^{٤}$ لفة/م

$= ١٠^{٤} \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ١٠٠$

$= ٤\pi \times ١٠^{-١}$ تسلا (-س) ✓

ب) كي يكون المجال داخل الملف يساوي صفراً ، فإنَّ :

$غ_1 = غ_2$

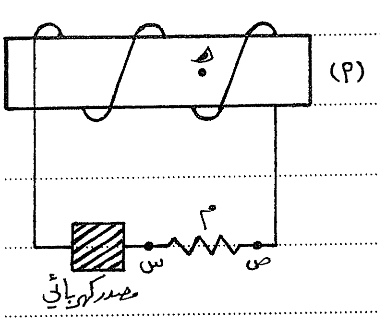
$٤\pi \times ١٠^{-١} = \mu\, ن_2\, ت_2$ ، $ن_2 = ٤٠$ لفة/سم $= ٤ \times ١٠^{٣}$ لفة/م

$٤\pi \times ١٠^{-١} = ٤ \times ١٠^{٣} \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت_2$

∴ $ت_2 = ٢٥٠$ أمبير ✓

عكس عقارب الساعة (عند النظر إليه من اليمين) ✓

③ في الشكل المجاور ملف لولبي طوله ($\pi \times ١٠^{-٢}$ م) ، وعدد لفاته (٥٠) لفة ، مُتَّصِل مع مقاومة (م) و مصدر كهربائي ، وعند مرور تيار في الملف تكوَّن مجال مغناطيسي عند النقطة (هـ) التي تقع على محور الملف مقداره (١٢×١٠^{-٢} تسلا) بحيث تكوَّن على الطرف (أ) قطب مغناطيسي جنوبي ، أَوجد مقدار واتجاه التيار المار في المقاومة (م) .

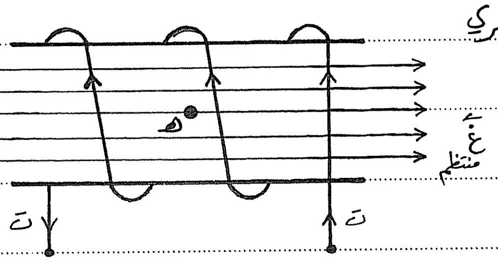


← بما أنَّ (أ) قطب جنوبي ، فالمجال داخل الملف يكون في اتجاه الغرب (-س) ، وبناءً على قاعدة "قبضة اليد اليمنى" فإنَّ اتجاه التيار (ص ← س) عَبْرَ المقاومة . ✓

← $غ_{هـ} = \frac{\mu\, ن\, ت}{ل} =$

$١٢ \times ١٠^{-٢} = \frac{٥٠ \times ٤\pi \times ١٠^{-٧} \times ت}{\pi \times ١٠^{-٢}}$ ← $ت = ٦٠$ أمبير . ✓

④ ملف حلزوني مغمور كليًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (9×10^{-3} تسلا) باتجاه يوازي محور الملف كما في الشكل، فإذا علمتَ أنّ عدد لفات الملف (50) لفة، وطوله (0,11 م)، ويسري فيه تيار مقداره (7 أمبير)، فاحسب ما يأتي:



أ) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي المحصّل في النقطة (هـ) الواقعة على محور الملف.

ب) مقدار واتجاه القوة المغناطيسيّة المؤثرة في إلكترون يتحرك في مستوى الورقة لحظة مروره في النقطة (هـ) بسرعة (5×10^{6} م/ث) نحو الشمال (↑).

← أ) تتعرّض النقطة (هـ) لمجالين مغناطيسيين، (غ منتظم) و (غ لولبي)، إذاً:

* $غ_{منتظم} = 9 \times 10^{-3}$ تسلا (+س)

* $غ_{لولبي} = \frac{\mu_0 \, ن \, ت}{ل} = \frac{50 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 7}{0,11} = 4 \times 10^{-3}$ تسلا (–س)

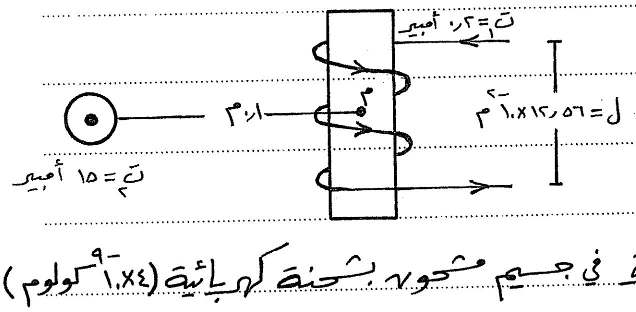
∴ $غ_{هـ} = غ_{منتظم} - غ_{لولبي}$

$= 9 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3}$ تسلا (+س) . ✓

ب) $ق_{غ} = ن \times ع \times غ_{هـ} \times جا\theta$

$= 1,6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{6} \times 5 \times 10^{-3} \times جا 90 = 4 \times 10^{-15}$ نيوتن ⊙ . ✓

⑤ يمثل الشكل المجاور سلكاً مستقيماً لانهائي الطول، وملف لولبي عدد لفاته (20) لفة، معتمداً على الشكل وبياناته احسب:



أ) مقدار المجال المغناطيسي المحصّل عند النقطة (م) والتي تقع على محور الملف اللّولبي.

ب) القوة المغناطيسيّة مقداراً واتجاهاً المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة كهربائية ($4,1 \times 10^{-9}$ كولوم)

ويتحرّك بسرعة (10^{7} م/ث) باتجاه الناظر لحظة مروره بالنقطة (م).

← أ) تتعرّض النقطة (م) لمجالين ، (غ سلك) و (غ لولبي) ، إذاً :

* غ سلك $= \frac{\mu \, ت}{2\pi ف} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times15}{2\pi\times1\times0.1} = 3\times10^{-5}$ تسلا (+ص)

* غ لولبي $= \frac{\mu\, ن\, ت}{ل} = \frac{20\times4\pi\times10^{-7}\times0.2}{12.56\times10^{-2}} = 4\times10^{-5}$ تسلا (+ص)

∴ غ م = غ سلك + غ لولبي

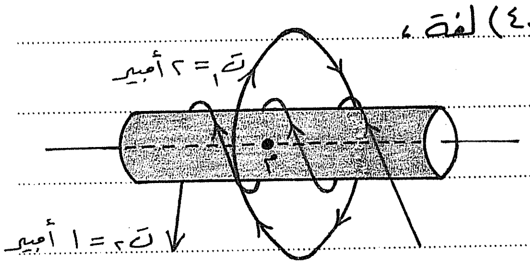
$= 3\times10^{-5} + 4\times10^{-5} = 7\times10^{-5}$ تسلا (+ص) .

ب) ق غ = س × ع × غ م × جا θ

$= 4\times10^{-9}\times10^{7}\times7\times10^{-5}\times$ جا ٩٠

$= 28\times10^{-7}$ نيوتن (-س) .

⑥ ملف لولبي عدد لفاته (٢٥) لفة لكلّ سم من طوله ، يمرّ فيه تيار كهربائي مقداره (١ أمبير) ، لُفَّ حولَ وسطه ملف آخر دائري مركزه (م) ينطبق على محور الملف اللّولبي ، فإذا كان عدد لفات الملف الدائري (٤٠) لفة ، ونصف قطره (٢π سم) ، ويمرّ فيه تيار كهربائي مقداره (٢ أمبير) بنفس اتجاه التيار في الملف اللّولبي – كما في الشكل – احسب المجال المغناطيسي عند النقطة (م) .



← النقطة (م) يؤثر عليها مجالان ، (غ دائري) و (غ لولبي) ، إذاً :

* غ دائري $= \frac{\mu\, ن\, ت}{2\, نق} = \frac{40\times4\pi\times10^{-7}\times2}{2\times2\pi\times10^{-2}} = 80\times10^{-5}$ تسلا (-س)

* غ لولبي = نَ μ ت ، نَ = ٢٥ لفة/سم $= 25\times10^{2}$ لفة/م

$= 25\times10^{2}\times4\pi\times10^{-7}\times1 = 314\times10^{-5}$ تسلا (-س)

∴ $غ_م = غ_{دائري} + غ_{لولبي}$

$= ٨٠ \times ١٠^{-٥} + ٣١٤ \times ١٠^{-٥}$

$= ٣٩٤ \times ١٠^{-٥}$ تسلا (-س) .

⑦ كيف سيتأثر المجال المغناطيسي المتولّد عند نقطة تقع على محور الملف اللّولبي وبعيداً عن طرفيه في الحالات الآتية :

أ) زيادة قطر كل لفة إلى ضعفي ما كان عليه .

ب) تغيير مادة قلب الملف اللّولبي لتصبح حديداً .

ج) مضاعفة طول الملف اللّولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضاً .

← أ) لا يتغيّر .

ب) يزداد .

ج) لا يتغيّر .

انتهى _ بحمدِ اللهِ _ الفصلُ الخَامس

(المَجَالُ المِغناطيسيُّ)

أَسْأَلُ اللهَ لكم النَّجَاحَ والتَّوفيقَ

الفصلُ السَّادس :

الحَثُّ الكهرُمِغنَاطيسيُّ

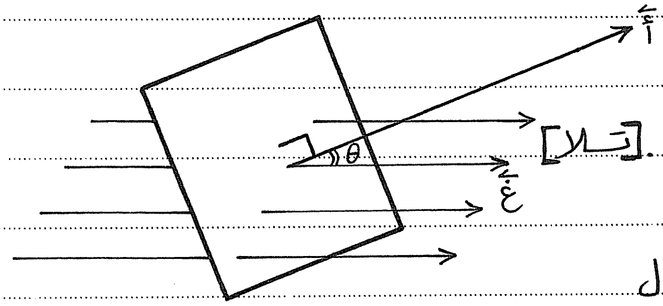
التدفق المغناطيسي :

"التدفق المغناطيسي" : عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطحاً ما عمودياً عليه ، ويُعبّر عنه رياضياً بالعلاقة :

$$\boxed{\phi = \vec{غ} \cdot \vec{أ} = غ \times أ \times جتا\theta}$$

(لاحظ أنّ التدفق كميّةٌ قياسيّة)

حيث :



ϕ : التدفق المغناطيسي . [ويبر]

غ : المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح . [تسلا]

أ : مساحة السطح . [م^2]

θ : الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال المغناطيسي وبين متجه المساحة .

فائدة :

* متجه المساحة ($\vec{أ}$)
- مقداره : المساحة العدديّة للسطح .
- اتجاهه : عمودي على السطح خارج منه .

فائدة :

[ϕ] = [غ] . [أ]

= تسلا . م^2 = "ويبر" .

"الويبر" : التدفق المغناطيسي عبر وحدة المساحة من سطح ما عندما يخترقه عمودياً مجالٌ مغناطيسيٌّ مقداره (١) تسلا .

سؤال : ماذا نعني بقولنا : « إنّ التدفق عبر سطح مغمور في مجال مغناطيسي يساوي (٥ ويبر) » ؟

← أي أنّ مجالاً مغناطيسياً مقداره (٥ تسلا) يخترق سطحاً مساحته (١م^2) عمودياً عليه .

← نلاحظ من العلاقة السّابقة أنه يمكن تغيير التدفق المغناطيسي ($\emptyset$) بثلاث طرق :

١- تغيير المجال المغناطيسي الذي يخترق السطح .

٢- تغيير مساحة السطح التي تخترقها خطوط المجال المغناطيسي .

٣- تغيير الزاوية بين اتجاهَيْ العمودي على السطح و المجال المغناطيسي .

● **أمثلة :**

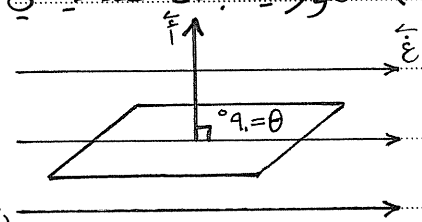
① احسب التدفق المغناطيسي عبر سطح مساحته (٠٫٠٢ م²) مغمور في مجال مغناطيسي مقداره (٠٫٠٤ تسلا) إذا كان متجه المساحة :

أ) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي .

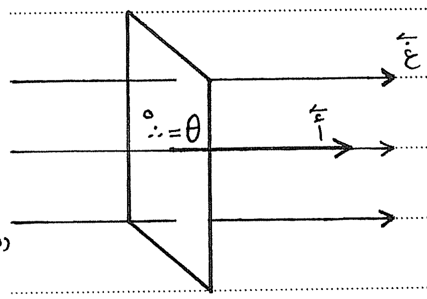
ب) موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي .

ج) يصنع زاوية (٦٠°) مع اتجاه المجال المغناطيسي .

د) يصنع زاوية (١٣٥°) مع اتجاه المجال المغناطيسي .



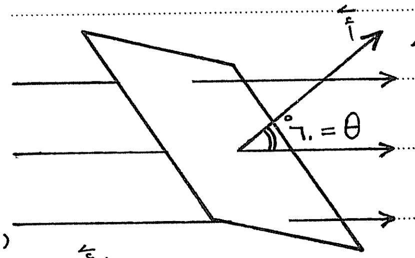
(أ)



(ب)

← أ) $\emptyset$ = غ × أ × جتا θ

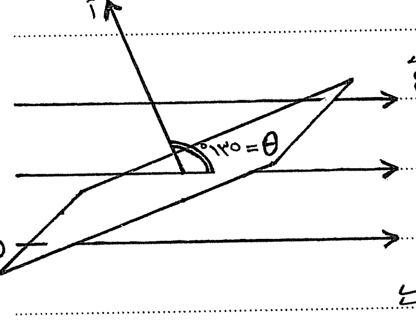
= ٠٫٠٤ × ٠٫٠٢ × جتا ~~٩٠°~~ = صفر . ✓



(ج)

ب) $\emptyset$ = غ × أ × جتا θ

= ٠٫٠٤ × ٠٫٠٢ × جتا ~~٠°~~ (١) = ٠٫٠٠٨ ويبر . ✓



(د)

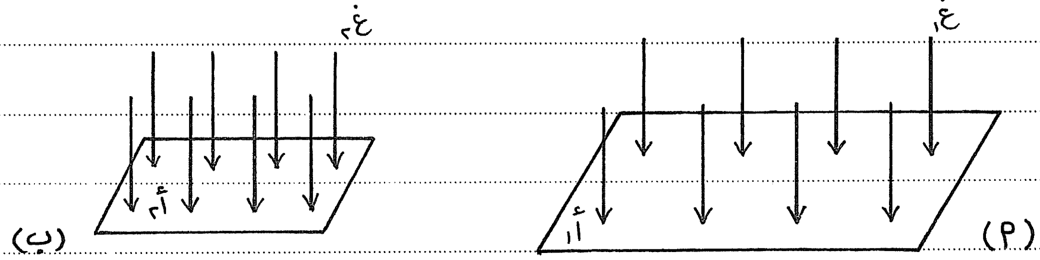
ج) $\emptyset$ = غ × أ × جتا θ

= ٠٫٠٤ × ٠٫٠٢ × جتا ~~٦٠°~~ (½) = ٠٫٠٠٤ ويبر . ✓

د) $\emptyset$ = غ × أ × جتا θ

= ٠٫٠٤ × ٠٫٠٢ × جتا ~~١٣٥°~~ (−٠٫٧) = −٠٫٠٠٥٦ ويبر . ✓

② سطحان (أ ، ب) يخترق كلاً منهما مجالٌ مغناطيسي كما في الشكل المجاور ، في أي الحالتين يكون المجال المغناطيسي أكبر مقداراً ؟ قارن بين التدفق المغناطيسي عبر السطحين .



* المجال المغناطيسي في الحالة (ب) أكبر ، لأن كثافة الخطوط أكبر .
* التدفق المغناطيسي في الحالتين متساوٍ .

قانون فارادي في الحثّ الكهرمغناطيسي :

← درسنا في فصل " المجال المغناطيسي " كيفية إنتاج مجال مغناطيسي من التيار الكهربائي ، وسندرس الآن العملية المعاكسة ، وهي كيفية إنتاج تيار كهربائي من المجال المغناطيسي ، وهو ما يُعْرَفُ بـ "ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي" .

" ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي " : ظاهرة توليد التيار الحثي بسبب تغيُّر التدفق المغناطيسي عبر ملف .

← يؤدي تغيُّر التدفق المغناطيسي ($\varnothing$) عبر ملف موصل إلى نشوء "قوة دافعة كهربائية حثية" (قدَ) ، فيتولَّد في الملف تيار كهربائي يُسمَّى " التيار الحثي " .

" التيار الحثي " : التيار المتولِّد في ملف نتيجة التغيُّر في التدفق المغناطيسي عَبْرَهُ .

" قانون فارادي " : متوسط القوة الدَّافعة الكهربائية الحثية المتولِّدة في ملف يتناسب طردياً مع المعدَّل الزمني لتغيُّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .. أي أنَّ :

$$\boxed{\text{قدَ} = -\,ن\,\frac{\Delta \varnothing}{\Delta ز}}$$

(قانون فارادي)

حيث : قدَ : القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة . [فولت]

ن : عدد لفات الملف .

$\Delta\varnothing = \varnothing_2 - \varnothing_1$: التغيُّر في التدفق المغناطيسي . [ويبر]

Δز : التغيُّر في الزمن . [ث]

سؤال : اذكر بعض الطرق العمليَّة لتغيير التدفق المغناطيسي ($\varnothing$) عبر ملف موصل ؟

← ١- تقريب أو إبعاد مغناطيس من الملف .

٢- تقريب أو إبعاد الملف من مغناطيس .

سؤال: كيف يمكن عمليًّا زيادة قيمة التيار الحثي المتولّد في الملف؟

← ١- زيادة سرعة حركة المغناطيس (أو الملف) قربًا كان أم بعدًا.

٢- استخدام مغناطيس أقوى.

٣- زيادة عدد لفّات الملف.

سؤال: كيف يمكن عمليًّا تغيير اتجاه التيار الحثي المتولّد في الملف؟

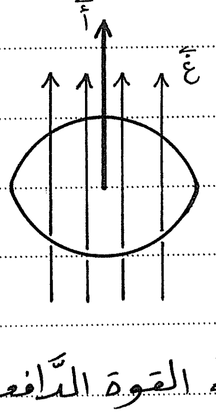
← عن طريق تغيير اتجاه حركة المغناطيس (أو الملف).

سؤال: متى ينعدم التيار الحثي في الملف؟

← عندما يكون التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف ثابتًا، ويمكن ذلك عمليًّا عن طريق إيقاف حركة المغناطيس (أو الملف).

● **أمثلة:**

① غُمِرَ ملفٌّ عدد لفاته (٥٠٠ لفة) في مجال مغناطيسي منتظم كما في الشكل المجاور، فكان التدفق المغناطيسي عبره (٠,٦ ويبر)، احسب:



أ) متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر فيه خلال (٠,٢ ثانية).

ب) متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف إذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (٠,١ ثانية).

جـ) المعدّل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي عندما يصبح متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية (– ١٠٠٠ فولت).

← أ) "انعكاس اتجاه المجال المغناطيسي" : $\theta = ?$ ← $\theta = 180°$

∴ $\Phi_2 = -\Phi_1$

= – ٠,٦ ويبر

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = -٠,٦ - ٠,٦ = -١,٢$ ويبر

$\therefore$ $قد = -ن \dfrac{\Delta\phi}{\Delta ز}$

$= -٥ \times ١٠^{٣} \times \dfrac{-١,٢}{٠,٢} = ٣ \times ١٠^{٤}$ فولت

ب) "تلاشي المجال المغناطيسي" : $\phi_2 =$ صفر

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 =$ صفر $- ٠,٦ = -٠,٦$ ويبر

$\therefore$ $قد = -ن \dfrac{\Delta\phi}{\Delta ز}$

$= -٥ \times ١٠^{٣} \times \dfrac{-٠,٦}{٠,١} = ٣ \times ١٠^{٤}$ فولت

ج) $قد = -ن \dfrac{\Delta\phi}{\Delta ز}$

$\rightarrow \dfrac{\Delta\phi}{\Delta ز} = -\dfrac{قد}{ن} = -\dfrac{-١ \times ١٠^{٣}}{٥ \times ١٠^{٣}} = ٠,٢$ ويبر/ث

③ يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٠,٤ تسلا) على ملف مكوَّن من (٦٠٠ لفة)، مساحة اللَّفة الواحدة (١٢×١٠^{-٣} م^{٢})، والزاوية بين متجه المجال ومتجه مساحة اللَّفة (٦٠°)، خلال (٠,١ ث) انخفض المجال المغناطيسي إلى (٠,١ تسلا)، وأصبحت الزاوية بين متجه المجال ومتجه مساحة اللَّفة صفرًا، احسب متوسط القوة الدَّافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولِّدة في الملف أثناء تلك الفترة الزَّمنية.

→ نقوم أولاً بحساب ($\Delta\phi$):

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$

* $\phi_1 = غ_1 \times أ \times جتا\,\theta_1 = ٠,٤ \times ١٢ \times ١٠^{-٣} \times \cancel{جتا\,٦٠}^{\frac{١}{٢}} = ٢,٤ \times ١٠^{-٣}$ ويبر

* $\phi_2 = غ_2 \times أ \times جتا\,\theta_2 = ٠,١ \times ١٢ \times ١٠^{-٣} \times \cancel{جتا\,٠}^{١} = ١,٢ \times ١٠^{-٣}$ ويبر

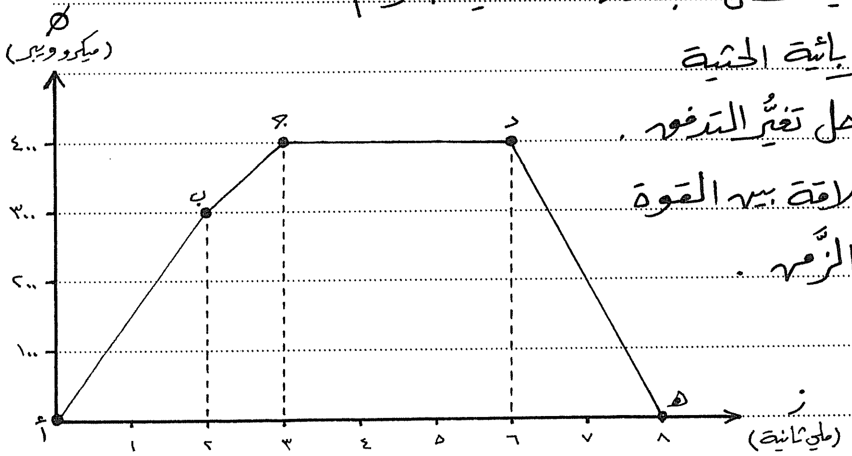
$\therefore$ $\Delta\phi = ١,٢ \times ١٠^{-٣} - ٢,٤ \times ١٠^{-٣} = -١,٢ \times ١٠^{-٣}$ ويبر

$\rightarrow قد = -ن \dfrac{\Delta\phi}{\Delta ز} = -٦ \times ١٠^{٢} \times \dfrac{-١,٢ \times ١٠^{-٣}}{٠,١} = ٧,٢$ فولت

③ يتغير التدفق المغناطيسي خلال لفة واحدة من ملف عدد لفاته (١٠٠٠) لفة حسب المنحنى البياني الموضح في الشكل المجاور، مستعيناً بالرسم:

أ) احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة في كل مرحلة من مراحل تغير التدفق.

ب) ارسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية والزمن.



← أ) [أ ← ب]:

$\phi_1 = 0$ ، $\phi_2 = 300 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\Delta ز = 2 \times 10^{-3}$ ث

* $قد = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$

$= -1 \times 10^{3} \times \frac{(300 \times 10^{-6} - 0)}{2 \times 10^{-3}} = -150$ فولت

[ب ← جـ]:

$\phi_1 = 300 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\phi_2 = 400 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\Delta ز = 1 \times 10^{-3}$ ث

* $قد = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$

$= -1 \times 10^{3} \times \frac{(400 \times 10^{-6} - 300 \times 10^{-6})}{1 \times 10^{-3}} = -100$ فولت

[جـ ← د]:

$\phi_1 = 400 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\phi_2 = 400 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\Delta ز = 3 \times 10^{-3}$ ث

* $قد = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$

$= -1 \times 10^{3} \times \frac{(400 \times 10^{-6} - 400 \times 10^{-6})}{3 \times 10^{-3}} = 0$

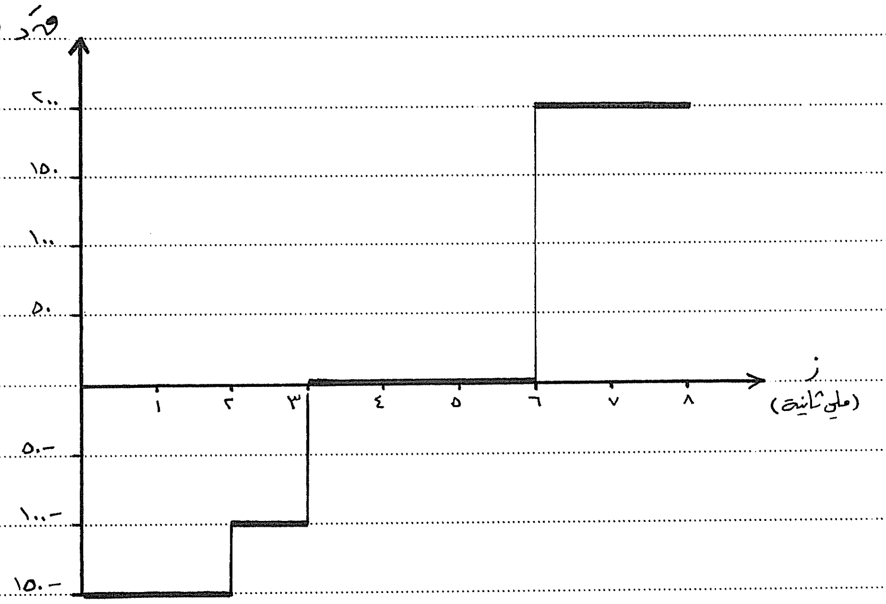
[د ← هـ]:

$\phi_1 = 400 \times 10^{-6}$ ويبر ، $\phi_2 = 0$ ، $\Delta ز = 2 \times 10^{-3}$ ث

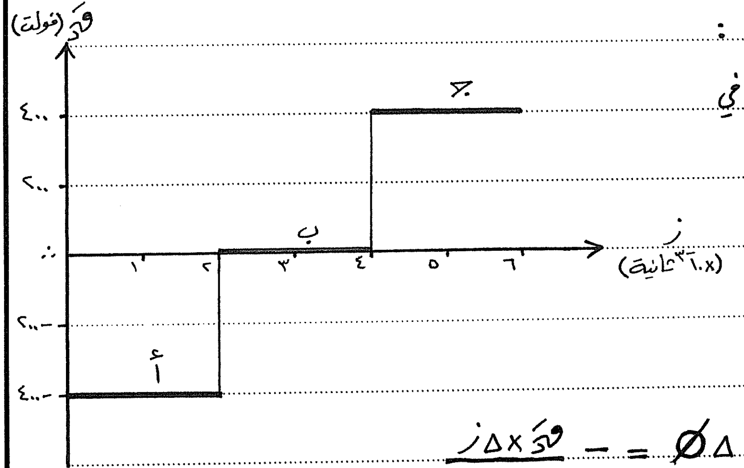
* $ق.د = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$

$= -1 \times 10^{3} \times \frac{(0 - 400 \times 10^{-6})}{2 \times 10^{-3}} = +200$ فولت ✓

ب)



④ يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية والزمن لملف دائري عدد لفاته (10^{3}) لفة مستواه يتغير باستمرار من وضع يكون فيه موازياً لخطوط المجال المغناطيسي إلى وضع يكون مستواه عمودياً على خطوط المجال المغناطيسي، مستعيناً بالقيم المثبتة على الرسم، أجب عمّا يلي:



أ) احسب التغير في التدفق المغناطيسي في كلٍّ مرحلة من المراحل (أ ، ب ، جـ).

ب) ارسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين التغير في التدفق المغناطيسي والزمن.

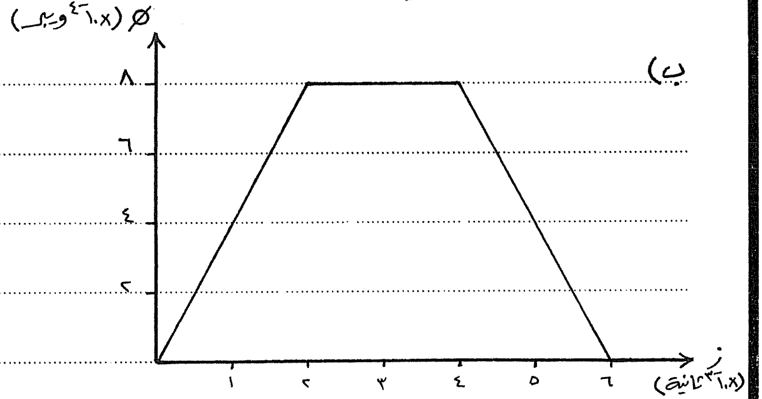
أ) $ق.د = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز} \leftarrow \Delta \phi = -\frac{ق.د \times \Delta ز}{ن}$

* (المرحلة أ) : $\Delta \phi = -\frac{-400 \times 2 \times 10^{-3}}{10^{3}} = 8 \times 10^{-4}$ ويبر ✓

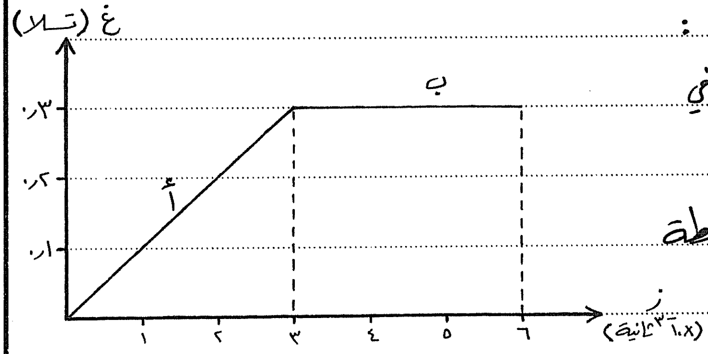
* (المرحلة ب) : $\Delta \phi = -\frac{0 \times 2 \times 10^{-3}}{10^{3}} = 0$ ✓

* (المرحلة جـ) : $\Delta \phi = -\frac{400 \times 2 \times 10^{-3}}{10^{3}} = -8 \times 10^{-4}$ ويبر ✓

ب)



⑤ يمثل الرسم البياني المجاور تغيُّر مجال مغناطيسي بالنسبة للزمن ، إذا كان هذا المجال يخترق ملفًا عدد لفاته (٦٠٠) لفة ، ومساحة اللَّفة الواحدة (2×10^{-4} م^2) بحيث يكون مستوى الملف عموديًّا على المجال ، احسب :



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

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

← أ) (المرحلة أ) :

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

$$= (\text{غ}_2\ \text{أ}\ \text{جتا}\theta) - (\text{غ}_1\ \text{أ}\ \text{جتا}\theta)$$

$$= \text{أ}\ \text{جتا}\theta\ (\text{غ}_2 - \text{غ}_1) = 2\times10^{-4} \times \cancel{\text{جتا}\,0}^{\,1} \times (0.3 - 0)$$

$$= 6\times10^{-5}\ \text{ويبر}$$

(المرحلة ب) :

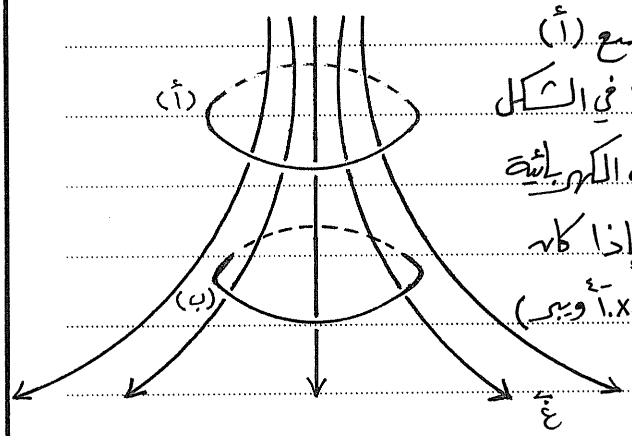
$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

$$= \text{أ}\ \text{جتا}\theta\ (\text{غ}_2 - \text{غ}_1) = 2\times10^{-4} \times \text{جتا}\,0 \times (0.3 - 0.3)$$

$$= 0$$

ب) (المرحلة أ) : $\text{قد} = -\text{ن}\,\dfrac{\Delta\phi}{\Delta \text{ز}} = -6\times10^{2} \times \dfrac{6\times10^{-5}}{3\times10^{-3}} = -12$ فولت

(المرحلة ب) : $\text{قد} = -\text{ن}\,\dfrac{\Delta\phi}{\Delta \text{ز}} = -6\times10^{2} \times \dfrac{0}{3\times10^{-3}} = 0$



⑥ ملف عدد لفاته (١٠٠) لفة ، سقط من الموضع (أ) إلى الموضع (ب) محافظاً على مستواه الأفقي كما في الشكل خلال (٠,١ ث) ، فكان متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثية المتولّدة فيه تساوي (٠,٢ فولت) ، فإذا كان التدفق المغناطيسي عند الموضع (أ) يساوي (٥×١٠^{-٤} ويبر)

احسب:

أ) التدفق المغناطيسي عند الموضع (ب).

ب) فسّر تولّد القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة في الملف.

← أ) $قد = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$ ← $\Delta \phi = -\frac{قد \times \Delta ز}{ن}$

$= -\frac{٠,٢ \times ٠,١}{١ \times ١٠^{٢}} = -٢ \times ١٠^{-٤}$ ويبر

$\therefore \Delta \phi = -٢ \times ١٠^{-٤}$

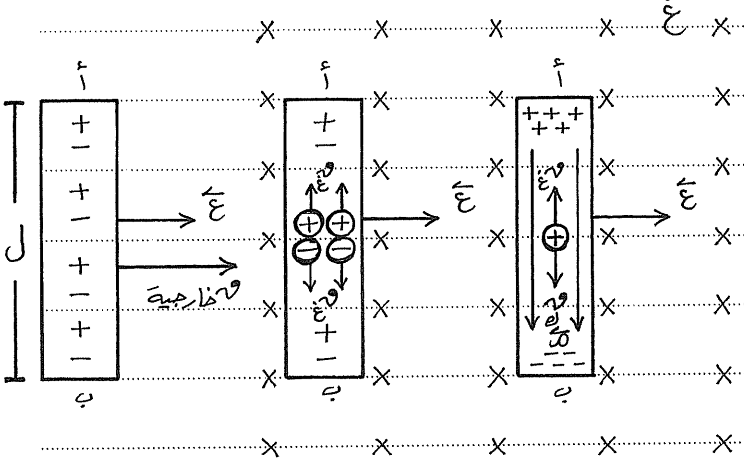
$\phi_{ب} - \phi_{أ} = -٢ \times ١٠^{-٤}$

$\phi_{ب} = -٢ \times ١٠^{-٤} + \phi_{أ} = -٢ \times ١٠^{-٤} + ٥ \times ١٠^{-٤}$

$= ٣ \times ١٠^{-٤}$ ويبر

ب) بسبب تغيُّر التدفق المغناطيسي (يقلّ).

القوة الدَّافعة الكهربائية الحثية المتولِّدة في موصل مستقيم يتحرَّك في مجال مغناطيسي منتظم :



← يمثل الشكل المجاور موصلاً (ل) يتحرك نحو اليمين بسرعة ثابتة (ع)، نلاحظ أنه عند دخوله مجالاً مغناطيسياً (غ) تتعرض الشحنات الموجبة فيه لقوة مغناطيسية نحو الأعلى وفقاً لقاعدة اليد اليمنى :

ق غ = س ع غ جا ٩٠

ق غ = س ع غ

← فتتجمَّعُ الشحناتُ الموجبة في الطرف (أ)، والشحنات السالبة في الطرف (ب)، فينشأُ مجال كهربائي داخل الموصل، فتتأثر الشحنات الموجبة بقوة كهربائية نحو الأسفل، وكلَّما ازداد تجمع الشحنات في طرفي الموصل ازدادت القوة الكهربائية، وتستمرُّ هذه العمليَّة حتى تصبح القوة المحصلة على الشحنة صفراً ؛ فتتوقف حركة الشحنات باتجاه طرفي الموصل .

← ونتيجةً لذلك يتولَّد فرق جهد كهربائي بين طرفي الموصل ، ما يعني نشوء "قوة دافعة كهربائية حثية" ، يمكن حسابها عن طريق العلاقة الرياضية الآتية :

$$\boxed{ق_{د} = ل ع غ}$$

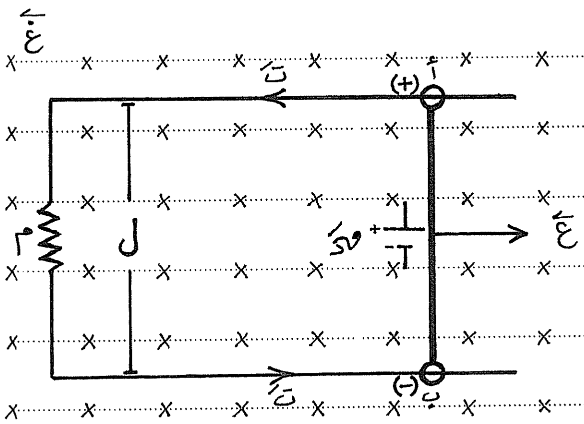
حيث :

ل : طول الموصل المستقيم [م]

ع : السرعة الثابتة للموصل [م/ث]

غ : المجال المغناطيسي المنتظم [تسلا]

← عند وصل الموصل (ل) مع مقاومة (م) ، فإنَّ الموصل يصبح مصدراً للطاقة الكهربائية (بطاريَّة) ، فيمرُّ تيار كهربائي حثي (ت) في المقاومة (م) ، وعكستا



حسابه عن طريق العلاقة الآتية :

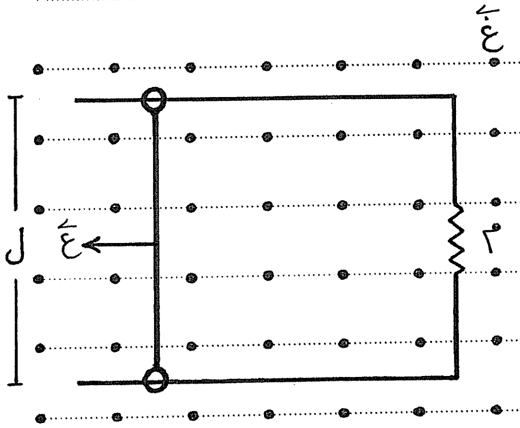
$$تَ = \frac{قَدَ}{م}$$

$$\therefore \boxed{تَ = \frac{ل ع غ}{م}}$$

▼ علّل: « يتولّد فرق الجهد بين طرفي الموصل مادام الموصل متحرّكاً ، ويتلاشى عند انعدام حركته » ؟

← لأنّ استمرار حركة الموصل تؤدّي إلى استمرار تجمّع الشحنات على طرفي الموصل ، وانعدام حركته يؤدّي إلى زوال تجمّع الشحنات على طرفي الموصل لانعدام القوة المغناطيسيّة حينئذٍ ، فتقوم القوة الكهربائية بإعادة توزيع الشحنات مرةً أخرى في الموصل فيزول الاستقطاب .

● أمثلة :



① يوضح الشكل المجاور موصلاً مستقيماً طوله (٤٠ سم) يمثّل جزءاً من دارة كهربائية مقاومتها (٠,٨ Ω) ، ويتعامد طوله مع مجال مغناطيسي منتظم مقداره (٢ تسلا) ، إذا تحرّك الموصل بسرعة ثابتة مقدارها (٨٠ سم/ث) عمودياً على طوله وعلى المجال المغناطيسي ، فأجب عمّا يأتي :

أ) احسب متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثية المتولّدة في الموصل .

ب) احسب التيار الكهربائي الحثي المار في الموصل .

ج) هل يتغير متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثية إذا كان طول الموصل موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي ؟ وضح إجابتك .

← أ) $ق_د = ل ع غ$

$= 40 \times 10^{-2} \times 80 \times 10^{-2} \times 2 = 0.64$ فولت ✓

ب) $ت' = \frac{ق_د}{م}$

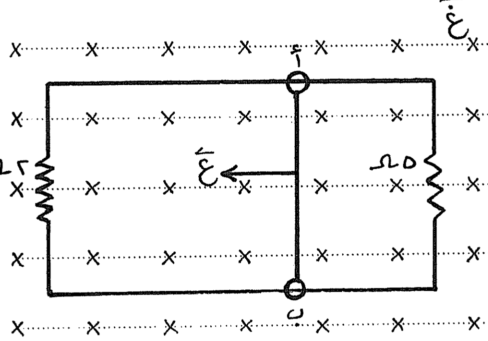
$= \frac{0.64}{0.8} = 0.8$ أمبير ✓

ج) نعم، يصبح صفراً .. لأنّ الموصل حينئذٍ لا يقطع خطوط المجال المغناطيسي فلا يحدث أي تغيُّر في التدفق المغناطيسي عبره.

② أثرت قوة على موصل (أب) طوله (20 سم) ينزلق على موصلين متوازيين، فحرّكته بسرعة ثابتة (8م/ث) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم (2.5 تسلا) كما في الشكل المجاور، احسب:

أ) التيار الكهربائي الحثي المتولّد في كلٍّ من المقاومتين (5Ω) و (2Ω).

ب) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل (أب) واتجاهها.



← أ) نقوم أولاً بحساب ($ق_د$)، ومعطيات السؤال هي التي تحدّد العلاقة المستخدمة في الحل:

$ق_د = ل ع غ = 20 \times 10^{-2} \times 8 \times 2.5 = 4$ فولت

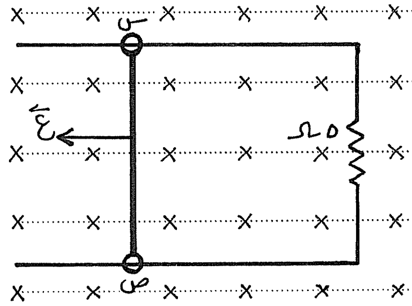
* $ت'_{5Ω} = \frac{ق_د}{م} = \frac{4}{5} = 0.8$ أمبير ✓

* $ت'_{2Ω} = \frac{ق_د}{م} = \frac{4}{2} = 2$ أمبير ✓

ب) $ق_غ = ت'_{كلي} ل غ جا\theta$

$= 2.8 \times 20 \times 10^{-2} \times 2.5 \times$ جا 90 ، $ت'_{كلي} = ت'_{5Ω} + ت'_{2Ω}$

$= 1.4$ نيوتن (+س) ✓ $= 0.8 + 2 = 2.8$ أمبير



③ موصل (س ص) طوله (٢٠ سم) ، يتحرك بسرعة ثابتة على سلكين متوازيين ومتصلين بمقاومة (٥ ω) ، و بوجود مجال مغناطيسي منتظم (٤ تسلا) كما في الرسم المجاور ، تكوّن فرق جهد بين طرفي الموصل مقداره (١٠ فولت) ، أجب عمّا يأتي :

أ) ما سبب تكوّن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الموصل (س ص) ؟

ب) احسب مقدار السرعة التي يتحرك بها الموصل .

ج) احسب مقدار القوة الخارجية المؤثرة على الموصل .

← أ) بسبب حركة الموصل في المجال المغناطيسي المنتظم ، حيث تتأثر الشحنات الحرّة داخل الموصل بقوة مغناطيسية تعمل على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة فتتركز الشحنات الموجبة في الطرف (ص) ، والسالبة في الطرف (س) ، فيتكوّن فرق جهد بين الطرفين .

ب) $قد = ل ع غ$

$١٠ = ٢٠ \times ١٠^{-٢} \times ع \times ٤ \leftarrow ع = ١٢,٥ \text{ م/ث}$.

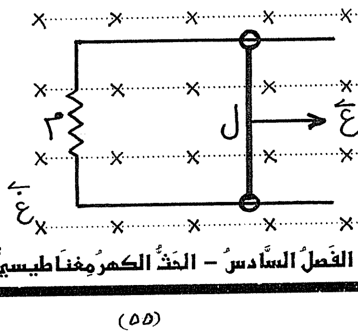
ج) بما أنّ سرعة الموصل ثابتة :

$ق_{خارجية} = ق_غ$

$= ت ل غ جاθ$

$= ٢ \times ٢٠ \times ١٠^{-٢} \times ٤ \times جا٩٠$ ، $ت = \frac{قد}{م} = \frac{١٠}{٥}$

$= ١,٦$ نيوتن . $= ٢$ أمبير



④ موصل طوله (ل) قابل للحركة على سلكين فلزيين متوازيين منطبقين على مستوى الصفحة ومتصلين مع مقاومة (م) كما في الشكل المجاور ، إذا تحرك الموصل بسرعة ثابتة (ع) نحو اليمين

وباتجاه متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم في الاتجاه الموضّح على الشكل ، أثبت أنّ القوة المغناطيسية المؤثرة على الموصل أثناء حركته تُعطى بالعلاقة الآتية :

$$\text{ق}_{\text{غ}} = \left(\frac{\text{ل}^2\,\text{غ}^2}{\text{م}}\right)\text{ع}$$

$$\leftarrow \text{ق}_{\text{غ}} = \text{ت}\ \text{ل}\ \text{غ}\ \text{جا}\,\theta$$

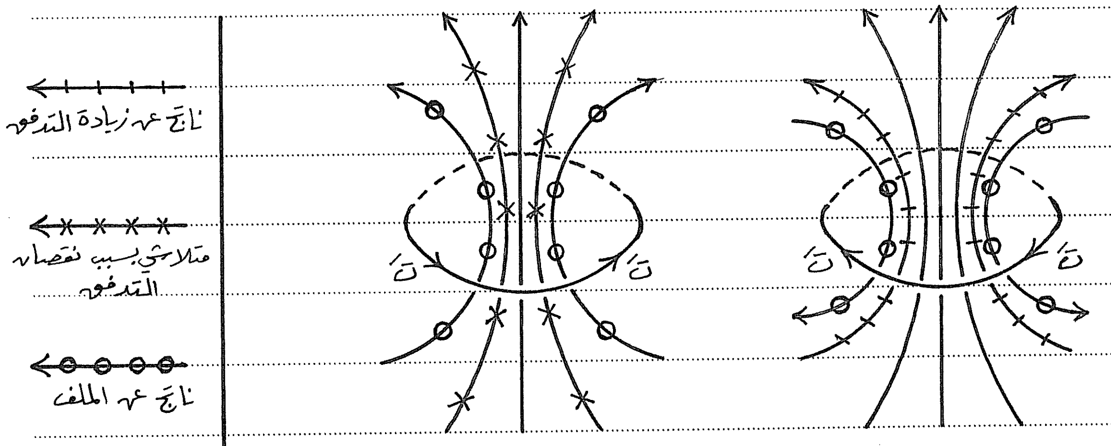
$$= \left(\frac{\text{ق}_{\text{د}}}{\text{م}}\right)\text{ل}\ \text{غ}\ \cancel{\text{جا}\,90^{\circ}} \quad ، \quad \text{ت} = \frac{\text{ق}_{\text{د}}}{\text{م}}$$

$$= \frac{(\text{ل}\,\text{ع}\,\text{غ})}{\text{م}}\ \text{ل}\ \text{غ} \quad ، \quad \text{ق}_{\text{د}} = \text{ل}\,\text{ع}\,\text{غ}$$

$$= \left(\frac{\text{ل}^2\,\text{غ}^2}{\text{م}}\right)\text{ع} \quad \text{وهو المطلوب}$$

قانون لنز :

"قانون لنز" : اتجاه التيار الحثي في ملف يكون بحيث ينتج منه مجال مغناطيسي حثي يقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي المُسبِّب له .



$\Delta\phi = (-)$ [نقصان في التدفق] $\Delta\phi = (+)$ [زيادة في التدفق]

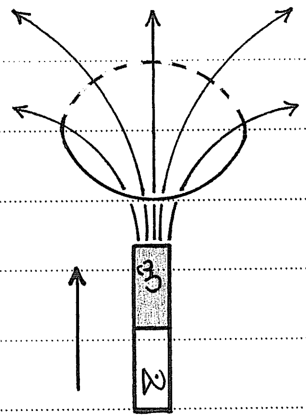
← تكمن أهمية "قانون لنز" في تحديد اتجاه التيار الحثي ، وذلك عن طريق تطبيق قاعدة "قبضة اليد اليمنى" .

← ويمكننا الآن تفسير "الإشارة السالبة" في قانون فاراداي ، حيث تعني أنّ (قَحَ) المتولِّدة في الموصل أو الملف تنشأ بحيث تقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .

← * إذا كان التغيُّر في التدفق موجباً (زيادة في التدفق) ، تكون (قَحَ) سالبة ، فيتولّد تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعمل على إنقاص التدفق المغناطيسي عبر الدارة .

* إذا كان التغيُّر في التدفق سالباً (نقصان في التدفق) ، تكون (قَحَ) موجبة ، فيتولّد تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعمل على زيادة التدفق المغناطيسي عبر الدارة .

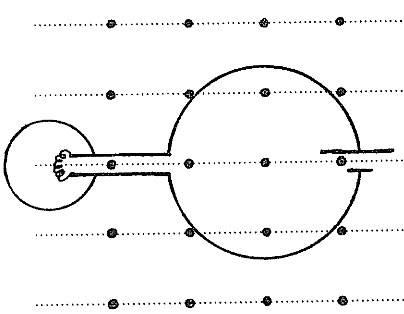
● أمثلة :



① حدِّد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولِّد في الحلقة المبينة في الشكل المجاور في أثناء اقتراب المغناطيس منها، موضحاً ذلك .

← أثناء اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس من الحلقة يزداد التدفق المغناطيسي عبرها ، ووفقاً "لقانون لنز" فإنَّ قوة دافعة كهربائية حثية تنشأ في الحلقة تولِّد تياراً حثياً ينتج منه مجال مغناطيسي حثي اتجاهه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المُسبِّب للتغيُّر في التدفق المغناطيسي يُقاوم الزيادة ، وبناءً على "قاعدة قبضة اليد اليمنى" يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثي "مع عقارب الساعة" عند النظر إلى الحلقة من الأعلى . ـ

② مصباح مضيء يتصل مع حلقة دائريَّة مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم عمودياً على مستوى الحلقة كما في الشكل المجاور ، ماذا يحدث لإضاءة المصباح مفسِّراً إجابتك في الحالتين الآتيتين :

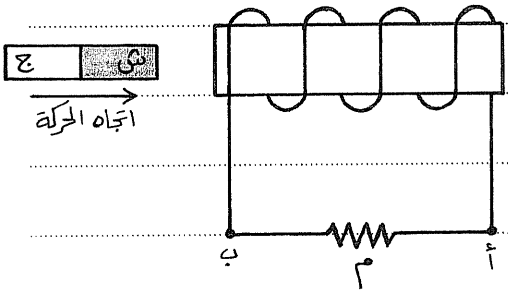


أ) عند حركة الحلقة داخل المجال بحيث يبقى مستواها عمودياً على المجال .

ب) أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال .

← أ) تبقى كما هي (لا تتغيَّر) ، لأنَّ التدفق المغناطيسي يبقى ثابتاً . ـ

ب) تزداد الإضاءة ، لأنَّ التدفق المغناطيسي عبر الحلقة يقل ، فيتولَّد تيار حثي ليقاوم النقص الحاصل في التدفق حسب "قانون لنز" ، ويكون اتجاه هذا التيار الحثي في نفس اتجاه التيار الأصلي حسب "قاعدة قبضة اليد اليمنى" . ـ



③ عند تقريب مغناطيس من ملف – كما في الشكل – حدِّد كلاًّ من:

أ) أقطاب الملف.

ب) اتجاه التيار الحثي في المقاومة (م) مفسّراً سبب تولّد التيار الحثي.

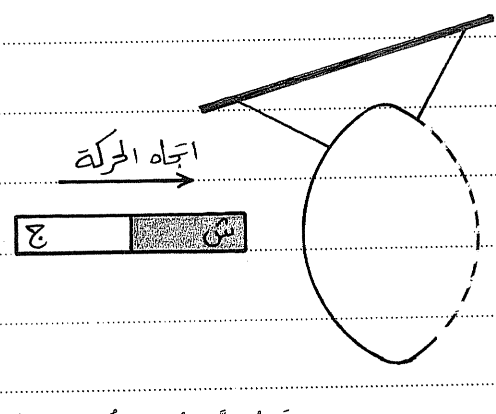
← أ) * الطرف القريب من المغناطيس: "شمالي". ج

* الطرف البعيد عن المغناطيس: "جنوبي". ج

(فائدة: الملف يحاول دائماً أن يُبقي المغناطيس كما هو حتى لا يتغيّر التدفق – يُقاوم حركة المغناطيس –، فإذا ابتعد المغناطيس حاول الملف جذبه حتى لا يبتعد؛ فيكون الطرفُ القريب مخالفاً لقطب المغناطيس المجاور للملف، والعكس صحيح.)

ب) اتجاه التيار الحثي من (أ ← ب) عبر المقاومة، وذلك لأنّ التدفق المغناطيسي عبر الملف يزداد عند اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس منه، فيسري في الملف تيار حثي يتولّد عنه مجال مغناطيسي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الذي سَبَّبَ التيار الحثي ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي حسب "قانون لنز". ج

④ يقترب مغناطيس قوي من حلقة ألمنيوم معلّقة على نحوٍ حرٍّ كما في الشكل، فيلاحظ تنافرها مع المغناطيس:



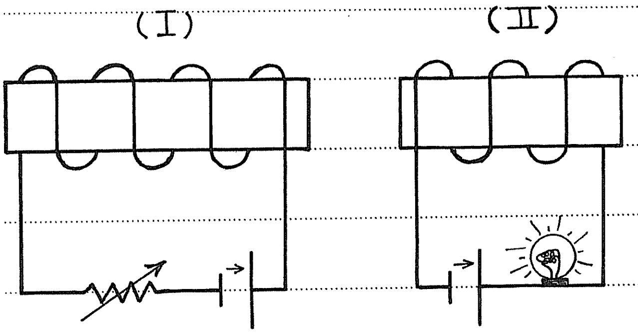
أ) ما سبب تنافر الحلقة الحرّة مع المغناطيس.

ب) ماذا تتوقع أن يحدث عند ابتعاد المغناطيس عن الحلقة.

← أ) تقريب المغناطيس يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي عبر الحلقة، فيتولَّد تيار حثي في الحلقة يتولَّد عنه مجال مغناطيسي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الذي سبَّبَهُ ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي حسب "قانون لنز"، وبناءً على ذلك سيصبح وجه الحلقة القريب من المغناطيس قطباً شمالياً، فتنشأ قوة تنافر بين الحلقة الحرَّة والمغناطيس، ممّا يجعلها تندفع إلى اليمين. ✓

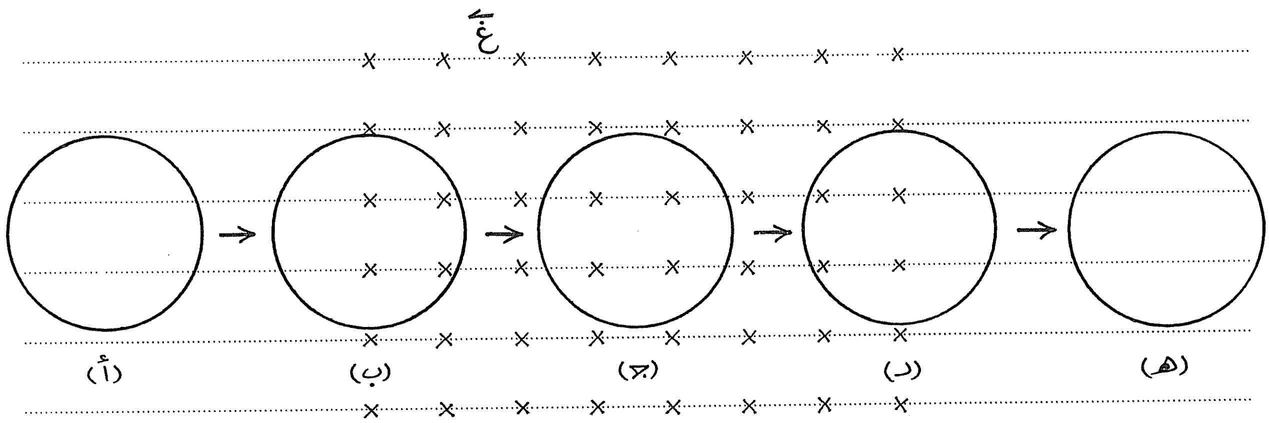
ب) عند ابتعاد المغناطيس عن الحلقة، تتحرَّك الحلقة باتجاه المغناطيس نحو اليسار. ✓

⑤ وضّح مع التعليل ما يحدث لإضاءة المصباح في الدّارة (II)، وذلك عند إنقاص المقاومة المتغيّرة في الدّارة (I) تدريجياً وهي مغلقة.



← ستزداد إضاءة المصباح، فعند إنقاص المقاومة المتغيِّرة في الدّارة (I) يزداد التيار المار فيها، فيزداد التدفق المغناطيسي الذي يعبر الملف في الدّارة (II)، فيتولّد تيار حثي فيه يتولّد عنه مجال مغناطيسي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الذي سبّب التيار الحثي ليقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي حسب "قانون لنز"، وبناءً على "قاعدة قبضة اليد اليمنى" يكون اتجاه التيار الحثي في نفس اتجاه التيار الأصلي في الدّارة (II)، فتزداد إضاءة المصباح. ✓

⑥ حلقة دائرية من مادة موصلة تدخل تدريجياً في منطقة مجال مغناطيسي منتظم كما يبيِّن الشكل، حدِّد اتجاه التيار الحثي المتولِّد في كلِّ حالة مع بيان السبب.



(أ) لا يتولّد تيار حثي في الحلقة ، لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي عبرها .

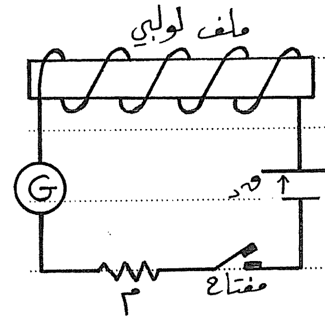
(ب) يتولّد تيار حثي في الحلقة عكس عقارب الساعة ليقاوم الزيادة الحاصلة في التدفق ، حيث يتولّد عنه مجال مغناطيسي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي الذي سبّبَ التيار الحثي حسب "قانون لنز" .

(ج) لا يتولّد تيار حثي في الحلقة ، لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي عبرها .

(د) يتولّد تيار حثي في الحلقة مع عقارب الساعة ليقاوم النقص الحاصل في التدفق ، حيث يتولّد عنه مجال مغناطيسي في نفس اتجاه المجال الأصلي .

(هـ) لا يتولّد تيار حثي في الحلقة ، لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي عبرها .

الحث الذَّاتي :



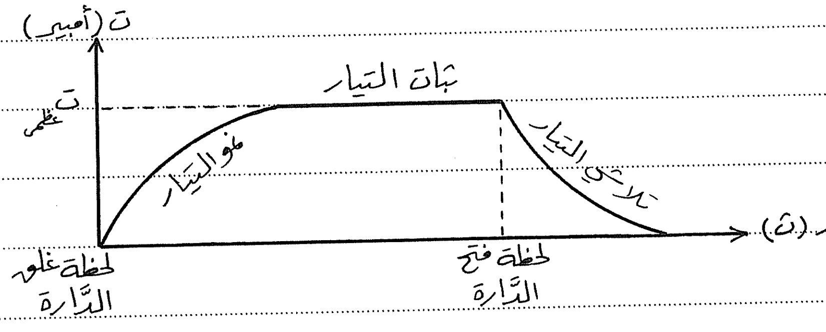
← يمثل الشكل المجاور دارة كهربائية تحوي ملفاً لولبياً ، لُوحِظَ عملياً ما يلي :

* لحظة غلق الدَّارة الكهربائية لا يصل التيار الكهربائي لحظياً من الصفر إلى قيمته العظمى ، بل بشكل تدريجي .

- التفسير : لأنَّ المجال المغناطيسي الناتج من التيار الكهربائي الذي يمرُّ في الملف اللولبي يزيد التدفق المغناطيسي عَبْرَ هذا الملف ، فتنشأ قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف وفق قانون لنز تقاوم الزيادة في التيار ، وتُسمَّى "قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسيَّة" .

* لحظة فتح الدَّارة الكهربائية لا يصل التيار الكهربائي لحظياً من قيمته العظمى إلى الصفر ، بل بشكل تدريجي .

- التفسير : بسبب تناقص المجال المغناطيسي الناتج من التيار الكهربائي تدريجياً في الملف ، فيُسبب تناقصاً في التدفق المغناطيسي عَبْرَهُ ، فتنشأ فيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية وفق قانون لنز تُقاوم النقصان في التيار ، وتُسمَّى " قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية طرديَّة " .



← نلاحظ ممَّا سبق أنَّ سبب التغيُّر في التدفق هو تغيُّر مقدار تيار الدَّارة نفسها وليس عاملاً خارجياً ، ولذلك تُسمَّى هذه الظاهرة " الحث الذَّاتي " ، ويُسمَّى الملف حينئذٍ " محثاً " .

" الحث الذاتي " : تولّد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في ملف بسبب تغيّر التدفق المغناطيسي من الملف ذاته .

← يمكن حساب متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثية الذاتية (قدَ) من العلاقة الرياضيّة الآتية :

$$\boxed{قدَ = -ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}}$$

حيث :

$\frac{\Delta ت}{\Delta ز}$: المعدّل الزمني للتغيّر في التيار الكهربائي المار في المحث . [أمبير / ث]

ح : محاثة المحث (معامل الحث الذاتي) . [هنري]

تنبيه : تشير الإشارة السالبة إلى أنّ متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية يقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي المُسبب له وفقاً لقانون لنز .

" محاثة المحث " (ح) : نسبة متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولّدة فيه إلى المعدّل الزمني للتغيّر في التيار الكهربائي المار في المحث .

فائدة : $ح = - \frac{قدَ \Delta ز}{\Delta ت}$

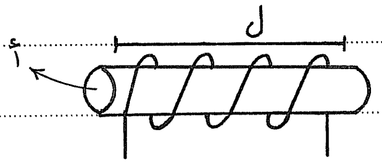
$$[ح] = \frac{[قدَ] . [\Delta ز]}{[\Delta ت]} = \text{فولت . ث / أمبير} = \text{"هنري"} =$$

" الهنري " : محاثة محث تتولّد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها (١ فولت) عندما يكون المعدّل الزمني لتغيّر التيار المار فيه (١ أمبير / ث) .

سؤال : ماذا نعني بقولنا : « إنّ محاثة محث تساوي (٢ هنري) » ؟

← أي يتولّد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية مقدارها (٢ فولت) عندما يكون المعدّل الزمني لتغيّر التيار المار فيه (١ أمبير / ث) . =

← يمكننا حساب محاثة المحث اللّولبي عن طريق العلاقة الآتية :



$$\boxed{\text{ح} = \frac{\mu \, \text{ن}^2 \, \text{أ}}{\text{ل}}}$$

حيث : أ : مساحة المقطع العرضي للمحث . [م²]

ن : عدد لفات المحث .

ل : طول المحث . [م]

μ : النفاذية المغناطيسيّة لمادّة قلب المحث ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ تسلا.م/أمبير) .

سؤال: ماهي العوامل التي تعتمد عليها محاثة المحث ؟

← ١- طول المحث (ل) [عكسيّاً] .

٢- مساحة مقطع المحث (أ) [طرديّاً] .

٣- عدد لفات المحث (ن) [طرديّاً] .

٤- النفاذية المغناطيسيّة لمادّة قلب المحث (μ) [طرديّاً] .

تنبيه : المحاثة ثابتة للمحث الواحد ، حيث تعتمد على أبعاد المحث الهندسيّة ونوع مادة قلب المحث .

أمثلة :

① تناقص التيار في ملف من (٦ أمبير) إلى (١ أمبير) خلال (٠.١ ث) ، إذا كانت القوة الدّافعة الكهربائيّة الحثية الذاتية المتوسطة النّاتجة تساوي (٢٠٠ فولت) ، فاحسب محاثة المحث في هذه الحالة .

$$\leftarrow \varepsilon = -\text{ح}\,\frac{\Delta \text{ت}}{\Delta \text{ز}}$$

$$\therefore \text{ح} = -\frac{\varepsilon\,\Delta \text{ز}}{\Delta \text{ت}} = -\frac{200 \times (0.1)}{(1-6)} = -(-4) = 4 \text{ هنري}$$

(أي تتولّد "ε" في المحث مقدارها (٤ فولت) عندما يتغيّر التيار فيه بمعدّل أمبير واحد في الثانية) .

② ملف عدد لفاته (١٠٠ لفَّة)، يمرُّ فيه تيار مقداره (٥ أمبير) فيُحدِث تدفقاً (٠٫٥ ويبر) إذا عكس اتجاه التيار خلال زمنٍ مقداره (٠٫٠٥ ث)، فجد:

أ) القوة الدَّافعة الكهربائية الحثيَّة الذَّاتيَّة المتولِّدة فيه.

ب) معامل الحث الذاتي له.

← أ) $قد = -ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز} = -١٠٠ \times \frac{(-٠٫٥ - ٠٫٥)}{٠٫٠٥}$ ، $\phi_٢ = -٠٫٥$ ويبر (انعكس اتجاه التيار)

$= ٢ \times ١٠^{٤}$ فولت.

ب) $قد = -ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}$

$٢ \times ١٠^{٤} = -ح \frac{(-٥ - ٥)}{٠٫٠٥}$ ، $ت_٢ = -٥$ أمبير (انعكس اتجاه التيار)

∴ $ح = ١٠٠$ هنري.

▼ فائدة: "التيار ينعكس ← $ت_٢ = -ت_١$".

③ احسب محاثة ملف حلزوني عدد لفاته (٣٠٠ لفة)، وطوله (١٦ سم)، ومساحة مقطعه العرضي (٤ سم²)، ثم احسب القوة الدَّافعة الحثية الذاتية المتولِّدة فيه إذا كان التيار يتناقص فيه بمعدَّل ثابت مقداره (٠٫٥ أمبير/ث).

← أولاً، نحسب (ح):

$ح = \frac{\mu ن^٢ أ}{ل} = \frac{٤ \times ١٠^{-٤} \times (٣٠٠)^٢ \times ٤\pi \times ١٠^{-٧}}{١٦ \times ١٠^{-٢}}$

$= ٩\pi \times ١٠^{-٥}$ هنري.

ثانياً، نحسب (قد):

$قد = -ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}$

$= -٩\pi \times ١٠^{-٥} \times (-٠٫٥)$ ، (التيار يتناقص ← $\frac{\Delta ت}{\Delta ز}$: −)

$= ٤٫٥\pi \times ١٠^{-٥}$ فولت.

④ محث محاثته (٢ هنري) ، يسري فيه تيار شدته (٥ر٠ أمبير) ، وعند فتح الدارة الكهربائية تلاشى التيار في زمن مقداره (١ر٠ ث) ، فما القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة في المحث في أثناء هذه الفترة الزمنية ؟

← $قد = - ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}$

$= - ٢ \times \frac{(٠ - ٥ر٠)}{١ر٠}$ ، (تلاشى التيار ← ت٢ = ٠)

$=$ ١٠ فولت .

⑤ محث محاثته (٤ر٠ هنري) ، وعدد لفاته (٢٠٠ لفة) ، أُغلقتْ دارتُه فاستغرق التيار زمناً مقداره (٠٤ر٠ ث) للوصول إلى قيمته العظمى ، وخلال هذه المدة الزمنية تولدت قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية مقدارها (٢ فولت) ؛ احسب :

أ) القيمة العظمى للتيار الذي يمرُّ فيه .

ب) المعدّل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي خلال تلك المدّة .

← أ) $قد = - ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}$

$- ٢ = - ٤ر٠ \times \frac{\Delta ت}{٠٤ر٠}$ ، $قد_{عكسية} = - ٢$ فولت

$\therefore \Delta ت = ٢ر٠$

$ت_٢ - ت_١ = ٢ر٠$

$ت_{عظمى} - ٠ = ٢ر٠$ ← $ت_{عظمى} = ٢ر٠$ أمبير .

ب) $قد = - ن \frac{\Delta \phi}{\Delta ز}$

$\frac{\Delta \phi}{\Delta ز} = - \frac{قد}{ن}$

$= - \frac{-٢}{٢٠٠}$

$=$ ٠١ر٠ ويبر/ث .

⑥ كم تصبح محاثة محث حلزوني عدد لفاته (ن) لفة، ومحاثته (ح) هنري، إذا زيد عدد لفاته بنفس اتجاه اللف لتصبح (٢ن) لفة مع بقاء طوله ثابتاً؟

← * $ح = \frac{أ\ ن^2\ م_\circ}{ل}$ (قبل الزيادة)

* $ح' = \frac{أ'\ ن'^2\ م_\circ}{ل'}$ (بعد الزيادة)

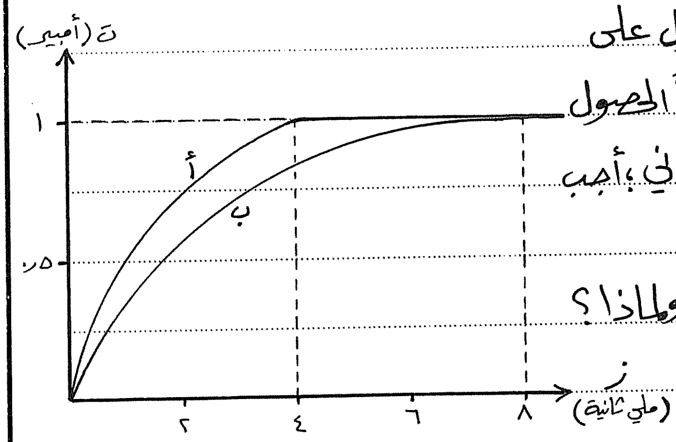
لكن: $أ' = أ$

$ل' = ل$

$ن' = ٢ن$

∴ $ح' = \frac{أ\ (٢ن)^2\ م_\circ}{ل} = ٤\ \frac{أ\ ن^2\ م_\circ}{ل}$ ← $ح' = ٤ح$. هـ

⑦ في تجربة لقياس معدل نمو التيار في دارة تحوي محثاً، رسمت العلاقة بين التيار المار في المحث والزمن، فتم الحصول على المنحنى (أ)، وعند تغيير محاثة المحث تم الحصول على المنحنى (ب)، معتمداً على الرسم البياني، أجب عما يأتي:



أ) في أي الحالتين كانت قيمة المحاثة أكبر؟ ولماذا؟

ب) اذكر طريقتين لزيادة محاثة المحث.

← أ) قيمة المحاثة في الحالة (ب) أكبر، لأن معدل نمو التيار فيها صغير، حيث وصل التيار إلى قيمته العظمى في فترة زمنية أكبر، والعلاقة بين معدل النمو والمحاثة عكسية. هـ

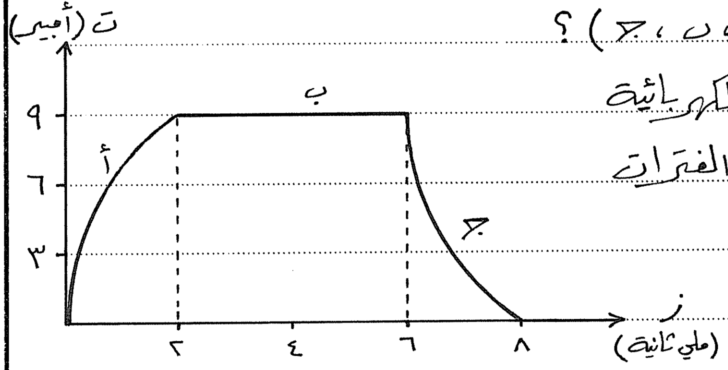
ب) ١- زيادة عدد اللفات.

٢- زيادة مساحة مقطعه العرضي. هـ

⑧ يتغيّر التيّار الكهربائي في دارة كهربائية تحوي محثًّا محاثته (٠,٢ هنري) من لحظة غلق الدّارة حتى تلاشي التيّار فيها بعد فتح الدّارة وفق المنحنى في الشكل المجاور، مستعيناً بالشكل أجب عن الأسئلة الآتية :

أ) ماذا تمثّل كلُّ فترة من الفترات (أ ، ب ، جـ) ؟

ب) احسب متوسط القوة الدّافعة الكهربائية الحثيّة الذّاتية المتولّدة في كلٍّ من الفترات (أ ، ب ، جـ) .



أ) * الفترة (أ) : مرحلة نمو التيّار .

* الفترة (ب) : مرحلة ثبات التيّار .

* الفترة (جـ) : مرحلة تلاشي التيّار .

ب) * الفترة (أ) :

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

$$= -٠,٢ \times \frac{(٩ - ٠)}{٢\times١٠^{-٣} - ٠}$$

$$= -٩٠٠ \text{ فولت .}$$

* الفترة (ب) :

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

$$= -٠,٢ \times \frac{(٩ - ٩)}{٦\times١٠^{-٣} - ٢\times١٠^{-٣}} = ٠,٠$$

* الفترة (جـ) :

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

$$= -٠,٢ \times \frac{(٠ - ٩)}{٨\times١٠^{-٣} - ٦\times١٠^{-٣}}$$

$$= +٩٠٠ \text{ فولت .}$$

⑨ محث لولبي عدد لفاته (ن) وطوله (ل) ومساحة مقطعه (أ)، أثبت أنّ محاثته (ح) تُعطى بالعلاقة:

$$\left(ح = \frac{أ\, ن^2\, م_0}{ل} \right)$$

$$\leftarrow \quad قد = -ح \frac{\Delta ت}{\Delta ز}$$

$$\cancel{-} ن \frac{\Delta \phi}{\cancel{\Delta ز}} = \cancel{-} ح \frac{\Delta ت}{\cancel{\Delta ز}}$$

$\therefore$ $ن \Delta \phi = ح \Delta ت$

عندما يتصل المحث في دارة كهربائية فإنّ التيار المار فيه يتغيّر من (0) إلى ($ت_2$)، فيتغيّر التدفق من (0) إلى (ϕ_2) في الفترة الزمنية ذاتها، أي أنّ:

$ت_1 = 0$ ، $ت_2 = ت$

$\phi_1 = 0$ ، $\phi_2 = \phi$

$$ن \phi = ح ت$$

$$ن (غ_{لولبي} \times أ) = ح ت$$

$$ن \left(\frac{م_0\, ن\, \cancel{ت}}{ل} \right) أ = ح \cancel{ت}$$

$$\therefore ح = \frac{أ \times ن^2 \times م_0}{ل}$$ ← وهو المطلوب

انتهى _ بحمدِ اللهِ _ الفصلُ السَّادس

(الحَثُّ الكهرُمِغناطيسيُّ)

أَسْأَلُ اللهَ لكم النَّجَاحَ
والتَّوفيقَ